



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“Aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad del área  
de Producción de E y C Metalikas S.A.C. - 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
INDUSTRIAL

AUTOR:

Luis Angel Ricaldi Poma

ASESOR:

Mgtr. Roberto Farfán Martínez

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

Lima - Perú

2018

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS</b>	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don **Luis Angel Ricaldi Poma**, cuyo título es: "**Aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. - 2018**".

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: **13 (trece)**.

San Juan de Lurigancho, 17 de diciembre del 2018

  
 .....  
**Dr. Robert Julio Contreras Rivera**  
 PRESIDENTE

  
 .....  
**Mg. Marcial Rene Zúñiga Muñoz**  
 SECRETARIO

  
 .....  
**Mg. Romel Darío Bazán Robles**  
 VOCAL

						
Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación	

## **DEDICATORIA**

A mi padre Alejandro en el cielo, que desde ahí me cuida e ilumina mis pasos, a mi madre Carmen por su apoyo incondicional, motivación a alcanzar mis metas y enseñarme lo bueno y lo malo en la vida. A ellos que me dieron la vida, les dirijo esta dedicatoria.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad César Vallejo por formarme integralmente a lo largo del desarrollo académico de mi carrera, a los docentes que con su experiencia contribuyeron al fortalecimiento de mis competencias como ingeniero y de manera muy especial a mis asesores, los ingenieros Lucía Padilla Castro y Roberto Farfán Martínez. Por otro lado, también demuestro mi particular deferencia con la empresa E Y C METALIKAS S.A.C. quién me brindó la oportunidad de desarrollar mi investigación y dentro de ella especialmente Ingeniero Alejandro Azaña.

### **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo Luis Angel Ricaldi Poma con DNI N° 47437876, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, Diciembre de 2018



**Luis Angel Ricaldi Poma**

**DNI: 47437876**

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del Jurado, presento ante ustedes la Tesis titulada “Aplicación de Lean Manufacturing para mejora la productividad del área de Producción en E y C Metalikas S.A.C”, la cual contempla siete capítulos: Capítulo I: Introducción, donde se describen la bases teóricas y empíricas que ayuden a dar solución a la problemática planteada, indicando la justificación del estudio, su problema, hipótesis y objetivos que se persiguen.

Capítulo II: Método, hace referencia al método, diseño, variables, población y muestra, así como las técnicas e instrumentos empleados y los métodos de tratamiento de datos.

Capítulo III: Contempla el resultado de los objetivos, descripción del proceso productivo determinando su productividad actual, análisis los diferentes desperdicios que se generan en el proceso productivo, aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad, determinación de la productividad después de la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing.

Capítulo IV al V: Contempla secuencialmente las discusiones, conclusiones de cada objetivo, donde se llegó a concluir que la aplicación de Lean Manufacturing mejora la productividad a través de la aplicación de las herramientas Value Stream Map, Manufactura Celular y Kanban logrando un incremento en la productividad de un 19%, corroborados estadísticamente con la prueba de T – Student al lograr un valor p menor a 0.05.

Capítulo VI y VII: Las recomendaciones pertinentes acorde al estudio y el resumen de las fuentes bibliográficas usadas en base a la norma APA.

Esta investigación ha sido elaborada en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el Título Profesional de Ingeniero Industrial. Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

**Luis Angel Ricaldi Poma**

## ÍNDICE

### PÁGINAS PRELIMINARES

PÁGINA DEL JURADO.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	V
PRESENTACIÓN.....	VI
ÍNDICE.....	VII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV

### CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN .....	16
1.1 Realidad problemática.....	17
1.2 Trabajos previos .....	22
1.3 Teorías relacionadas al tema .....	26
1.4 Formulación del problema .....	43
1.4.1 Problema general .....	43
1.4.2 Problemas específicos.....	43
1.5 Justificación del estudio .....	43
1.5.1 Justificación metodológica.....	43
1.5.2 Justificación Práctica .....	43
1.5.3 Justificación económica .....	44
1.6 Hipótesis.....	44
1.6.1 Hipótesis general .....	44
1.6.2 Hipótesis específicas.....	44
1.7 Objetivos .....	44
1.7.1 Objetivo general .....	44
1.7.2 Objetivos específicos .....	45
II. MÉTODO .....	46
2.1 Tipo de estudio .....	47
2.2 Diseño de la investigación.....	47
2.3 Variables, operacionalización.....	48

2.3.1	Variables .....	48
2.3.2	Operacionalización de las variables.....	50
2.4	Población y muestra.....	51
2.4.1	Población.....	51
2.4.2	Muestra.....	51
2.4.3	Unidad de análisis.....	51
2.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .	51
2.6	Métodos de análisis de datos .....	53
2.7	Aspectos éticos .....	53
III.	DESARROLLO .....	54
3.1	Generalidades de la empresa .....	55
3.2	Recolección de datos Pre Test .....	66
3.3	Recolección de datos Post Test .....	72
3.4	Propuesta de mejora e implementación de las herramientas Lean Manufacturing .....	78
3.4.1	Propuesta de Mejora .....	78
3.4.2	Implementación de las herramientas Lean Manufacturing .....	80
3.5	Análisis descriptivo.....	90
3.5.1	Variable Independiente – Lean Manufacturing .....	90
3.5.2	Variable Dependiente – Productividad .....	93
3.6	Análisis Inferencial .....	96
3.6.1	Prueba de Normalidad con Shapiro – Wilk ( $n < 30$ ) .....	96
3.6.2	Validación de la Hipótesis General .....	102
IV.	DISCUSIÓN .....	107
V.	CONCLUSIONES .....	110
VI.	RECOMENDACIONES .....	112
VII.	REFERENCIAS .....	114
	DIARIOS.....	115
	LIBROS.....	115
	TESIS .....	118
	ANEXOS.....	120
	Anexo 1: Matriz de Consistencia.....	121
	Anexo 2: Definición conceptual de las variables y dimensiones.....	122
	Anexo3: Certificado de Validez 1.....	123
	Anexo 4: Certificado de Validez 2.....	125
	Anexo 5: Certificado de Validez 3.....	127



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tabla de valores para indicadores cualitativos.....	20
Tabla 2 Matriz de criticidad .....	20
Tabla 3 Matriz de Operacionalización de Variables.....	50
Tabla 4 Productos más Comerciales de E y C Metalikas S.A.C. ....	61
Tabla 5 Cursograma Analítico del Proceso de Fabricación del elemento Viga Tipo H .....	65
Tabla 6 Tiempos de Ciclo Individual y Total Pre Test .....	68
Tabla 7 Tabla Resumen VSM Pre Test.....	68
Tabla 8 Balance de Número de Operadores en el Proceso Pre Test.....	69
Tabla 9 Cálculo del Número de Tarjetas Kanban en el Proceso en el Periodo Definido por el Lean Time.....	70
Tabla 10 Productividad Pre Test.....	71
Tabla 11 Tiempo de Ciclo Individual y Total Post Test .....	74
Tabla 12 Tabla Resumen VSM Post Test .....	74
Tabla 13 Balance de Número de Operadores en el proceso Post Test.....	75
Tabla 14 Cálculo de Número de Tarjetas Kanban en un periodo igual al Lead Time Post Test.....	76
Tabla 15 Productividad Post Test .....	77
Tabla 16 Delimitación de las Metodologías de Excelencia .....	78
Tabla 17 Delimitación de las Herramientas Lean.....	78
Tabla 18 Cronograma de Aplicación de Lean Manufacturing .....	79
Tabla 19 Matriz Producto - Proceso .....	80
Tabla 20 Cálculo del Tak Time .....	81
Tabla 21 Recolección de Tiempos Observados.....	82
Tabla 22 Tabla de Suplementos Observados.....	83
Tabla 23 Tiempo Estándar del Proceso de Producción para la Fabricación de Elemento Viga Tipo H.....	83
Tabla 24 Análisis del Balance del Operador .....	84
Tabla 25 Tabla Resumen Operator Balance Chart .....	85
Tabla 26 Tabla de Balance de Tiempos de Producción con Relación al Tak Time ..	86
Tabla 27 Comparativo Tiempo de Procesamiento Pre Test - Post Test .....	90

Tabla 28 Comparativo Balance de Operador Pre Test - Post Test .....	91
Tabla 29 Comparativo Número de Tarjetas Kanban en Contenedores.....	92
Tabla 30 Comparativo de la Productividad Pre Test - Post Test.....	93
Tabla 31 Comparativo de la Eficiencia Pre Test - Eficiencia Post Test .....	94
Tabla 32 Comparativo de la Eficacia Pre Test - Post Test.....	95
Tabla 33 Resumen de Procesamiento de los Casos - Productividad .....	96
Tabla 34 Análisis Descriptivos - Productividad .....	97
Tabla 35 Prueba de Normalidad - Productividad .....	98
Tabla 36 Resumen de Procesamiento de Casos - Eficiencia.....	98
Tabla 37 Análisis Descriptivos - Eficiencia .....	99
Tabla 38 Prueba de Normalidad - Eficiencia .....	100
Tabla 39 Resumen de Procesamiento de Casos - Eficacia.....	100
Tabla 40 Análisis Descriptivos - Eficacia .....	101
Tabla 41 Prueba de Normalidad - Eficacia .....	102
Tabla 42 Prueba T - Student: Estadísticos de Muestras Relacionadas- Hipótesis General Productividad.....	102
Tabla 43 Prueba de T – Student: Prueba de Muestras Relacionadas – Hipótesis General Productividad.....	103
Tabla 44 Prueba T - Student: Estadísticos de Muestras Relacionadas – Dimensión Eficiencia.....	104
Tabla 45 T - Student: Prueba de Muestras Relacionadas - Dimensión Eficiencia ..	105
Tabla 46 Prueba T - Student: Estadísticos de Muestras Relacionadas – Dimensión Eficacia.....	105
Tabla 47 T - Student: Prueba de Muestras Relacionadas - Dimensión Eficacia .....	106
Tabla 48 Tabla de Calificación de Desempeño .....	129
Tabla 49 Tabla de Suplemento u Holguras .....	129

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Ishikawa, E y C Metalikas S.A.C., 2018 .....	19
Figura 2. Diagrama de Pareto .....	21
Figura 3. Localización Geográfica, E y C Metalikas S.A.C., 2018.....	55
Figura 4. Diagrama Institucional, E y C Metalikas S.A.C., 2018 .....	57
Figura 5. Distribución de Planta, E y C Metalikas S.A.C., 2018 .....	58
Figura 6. Mapa de Procesos, E y C Metalikas S.A.C., 2018.....	59
Figura 7. Atención de una OT, E y C Metalikas S.A.C., 2018 .....	60
Figura 8. Diagrama de operaciones del Proceso de Producción del Elemento Viga Tipo H .....	64
Figura 9. Value Stream Map Actual .....	67
Figura 10. Value Stream Map Post Test .....	73
Figura 11. Gráfica de Análisis de Tiempos de Ciclo con Relación al Tak Time .....	85
Figura 12. Gráfica de Balance de Tiempos de Producción con Relación al Tak Time... .....	86
Figura 13. Kanban de Retiro (Estructurado a Corte y Limpieza de Plancha) .....	87
Figura 14. Kanban de Producción de Corte y Limpieza de Plancha de Acero .....	88
Figura 15. Kanban de Retiro (Rectificado a Estructurado).....	88
Figura 16. Kanban de Producción de Elemento Estructural .....	88
Figura 17. Gráfica de Comparativo Tiempo de Procesamiento .....	90
Figura 18. Gráfica de Comparativo Balance de Número de Operadores en una línea de Producción.....	91
Figura 19. Gráfica de Comparativo Número de tarjetas Kanban en Contenedores... 92	
Figura 20. Gráfica de Comparativo de la Productividad Pre Test - Post Test .....	93
Figura 21. Gráfica de Comparativo de la Eficiencia Pre Test - Post Test .....	94
Figura 22. Gráfica de Comparativo de la Eficiencia Pre Test - Eficiencia Post Test	96
Figura 23. Iconos Generales de VSM .....	130
Figura 24. Iconos de Flujo de Información .....	130
Figura 25. Iconos de materiales de VSM .....	130
Figura 26. Conjunto de Símbolos de Diagrama de Procesos .....	131
Figura 27. Capacitación al Personal en Planta, E y C Metalikas, 2018 .....	131
Figura 28. Planta de E y C Metalikas, 2018 .....	132

Figura 29. Despacho de Estructuras Metálicas.....	132
Figura 30. Planta de Producción Antes de la Implantación .....	133
Figura 31. Planta de Producción Después de la Implementación.....	133
Figura 32. Sobreproducción de Elementos (Evidencias Pre Test) .....	133
Figura 33. Producción por Lotes Pequeñas (Evidencias Post Test) .....	133

## ÍNDICE DE INSTRUMENTOS

Instrumento 1: Cursograma Analítico de los Procesos.....	134
Instrumento 2: Toma de Tiempos Observados.....	135
Instrumento 3: Medición de trabajo Estándar.....	136
Instrumento 4: Cálculo del Tak Time .....	137
Instrumento 5: Value Stream Map.....	138
Instrumento 6: Instrumento de Análisis de la Baja Productividad.....	139

## **RESUMEN**

En el presente trabajo de investigación titulada “Aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C en el año 2018”. Se aplicó los principios teóricos – prácticos de la Metodología de mejora continua, Lean Manufacturing; para lo cual se empleó un diseño Cuasi Experimental, aplicada a una población compuesta por todos los procesos de producción de estructuras metálicas para la fabricación del elemento Viga Tipo H. El estudio aplicó una muestra de 12 semanas Pre Test desde 01 Mayo del 2018 hasta el 17 Julio del 2018 y una muestra Post Test desde 02 Septiembre del 2018 hasta 18 Noviembre 20018. La muestra es seleccionada a conveniencia del investigador al igual que la investigación. Para lo cual se empleó la técnica de observación directa, revisión y análisis documentaria para la aplicación de las herramientas Lean, Value Stream Map, Manufactura Celular y Kanban. En los análisis de datos se utilizó el programa SPSS V. 21 para un análisis descriptivo e inferencial.

Según los datos arrojados por el SPSS V.21, se determinó que la significancia de la herramienta T-Student para la productividad antes y después de la implementación, es igual a 0.00 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna afirmando que la aplicación de Lean Manufacturing aumenta la productividad del área Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018.

**Palabras Claves: Lean Manufacturing, Value Stream Map, Manufactura Celular, Kanban, Productividad.**

## **ABSTRACT**

In the present work of investigation titled "Application of Lean Manufacturing to improve the Productivity of the area of Production of E and C Metalikas S.A.C in the year 2018. It applied the theoretical - practical principles of the Methodology of continuous improvement, Lean Manufacturing; for which a Quasi Experimental design was applied, applied to a population composed of all the processes of production of metallic structures for the manufacture of the element Beam Type H. The study applied a sample of 12 weeks Pre Test from May 01, 2018 to the July 17, 2018 and a sample Post Test from September 02, 2018 to November 18, 20018. The sample is selected at the convenience of the researcher as well as the research. For which the technique of direct observation, review and documentary analysis was used for the application of Lean tools, Value Stream Map, Cellular Manufacturing and Kanban. In the data analysis, the SPSS program V. 21 was used for a descriptive and inferential analysis.

According to the data provided by the SPSS V.21, it was determined that the significance of the T-Student tool for Productivity before and after the implementation, is equal to 0.00 so the null hypothesis is rejected and the alternative hypothesis is accepted affirming that the application of Lean Manufacturing increases the productivity of the Production area of E and C Metalikas SAC in the year 2018.

**Keywords: Lean Manufacturing, Value Stream Map, Cellular Manufacturing, Kanban, Productivity.**

# **I. INTRODUCCIÓN**



## **1.1 Realidad problemática**

A nivel mundial muchas empresas se ven afectadas por distintos factores que afectan directamente su funcionamiento. Hoy en día se destaca al sistema de producción de Toyota como una empresa que supo reponerse ante una segunda guerra mundial y una crisis del petróleo, bajo el concepto americanizado en la actualidad de Lean Manufacturing. El sistema de producción Toyota o Lean Manufacturing es una metodología propuso combatir los desperdicios de la producción en masa y fomentar la optimización de los recursos. Esto permitió a Toyota aumentar su productividad y competitividad, por lo que el gobierno japonés impulso a otras empresas a adoptar este sistema de gestión de Toyota, con el objetivo de reponerse ante la crisis que aquejaba al País (La Tercera, 2018).

De igual manera empresas transnacionales de capital peruano como Alicorp, en busca de mejorar la manera con la que trabajan, vienen empleando técnicas de producción ajustada Lean Manufacturing y técnicas en el aprovechamiento en el abastecimiento de cadena de suministro Supply Chain, con ello obtener una mayor productividad y aprovechamiento de los recursos (El Comercio, 2017).

En el Perú, el crecimiento de la economía se ve reflejada directamente por las empresas de gran potencial para producir y exportar, sin embargo su estancamiento que puede experimentar, se ve direccionada a la baja productividad que pueda adoptar. Según cifras arrojadas por el BID, la productividad en el Perú descendió 0,3% en el periodo 1970-2015 (El Comercio, 2018).

En particular, el sector manufactura presenta grandes oportunidades de desarrollo que se debe impulsar. El estado peruano toma más protagonismo y apuesta por el potenciamiento de sectores de interés, como la metalmecánica como un sector que provee e impulsa a otros sectores como la minería, maderera y pesquera (Gestión, 2017).

Ante esta problemática de la baja productividad y competitividad que presenta los sectores de interés, el estado peruano presta ayuda a las Mipyme mediante el Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad (Innovate Perú), destinando S/ 430 millones de soles para impulsar proyectos de negocio, enfocados a la investigación, desarrollo, innovación y emprendimiento hasta el 2021 para los diversos sectores productivos generando más puestos de trabajo, logrando mejorar su productividad y competitividad en el mercado (Gestión, 2017).

Al respecto, la adopción de una metodología se ve direccionada a los objetivos de la organización al aumento de la productividad, como la metodología Lean Manufacturing, que se caracteriza por optimizar los recursos mediante la eliminación planificada de los desperdicios. La correcta aplicación de las herramientas Lean tendrá un impacto significativo en los resultados, mejorando la productividad. Dos son los factores que hacen que las empresas no adopten esta metodología de mejora continua de efectividad comprobada: el desconocimiento del empleo de las mismas por sus gestores y la resistencia al cambio; por lo que resulta necesario demostrar al empresario de la efectividad de su aplicación, en solución a su problemática.

Dentro de este contexto también se ve afectada la empresa E y C METALIKAS S.A.C., empresa metalmecánica dedicado a la fabricación, montaje y suministros de estructuras metálicas, especializada en la ejecución de proyectos mineros e industriales a nivel nacional, cuenta con más de 20 años en el mercado. E y C Metalikas S.A.C. fabrica elementos derivados del acero (perfil de laminados, tubos, rolados, columnas, diagonal y otros) donde se observó que se presentan los siguientes desperdicios que afectan a la productividad de la empresa: El personal demora en realizar sus labores diarios debido a que en los procesos precedentes y/o consecuentes se generan problemas tales como: material a destiempo o fuera de especificaciones a causa de la variedad de proveedores y/o demora de los mismos, métodos de trabajo inadecuado que está generando demoras de tiempo, métodos no estandarizados que hace que el personal realice su trabajo a su manera, una mala comunicación entre áreas que está afectando al proceso, mano de obra con poca experiencia debido a la rotación del personal de trabajo sumando a las paradas inesperadas de las máquinas por preparación de cambio de utillaje como también de mantenimiento preventivo, carencia de un instrumento y estándar de producción, el ambiente de trabajo desorganizado y congestionado por los elementos en transformación almacenados en los pasillos. Todo esto genera desperdicios que no agregan valor al proceso y al producto (Figura 1).

De continuar esto así se seguirá incurriendo en desperdicios que elevan los costos de producción y le restan competitividad a la empresa; por lo que se pretende aplicar las herramientas de Lean Manufacturing para dar solución a estos problemas antes expuestos, eliminando sistemáticamente los desperdicios de manera estratégica, para mejorar la productividad de E y C Metalikas S.A.C. y por ende su competitividad en el mercado.

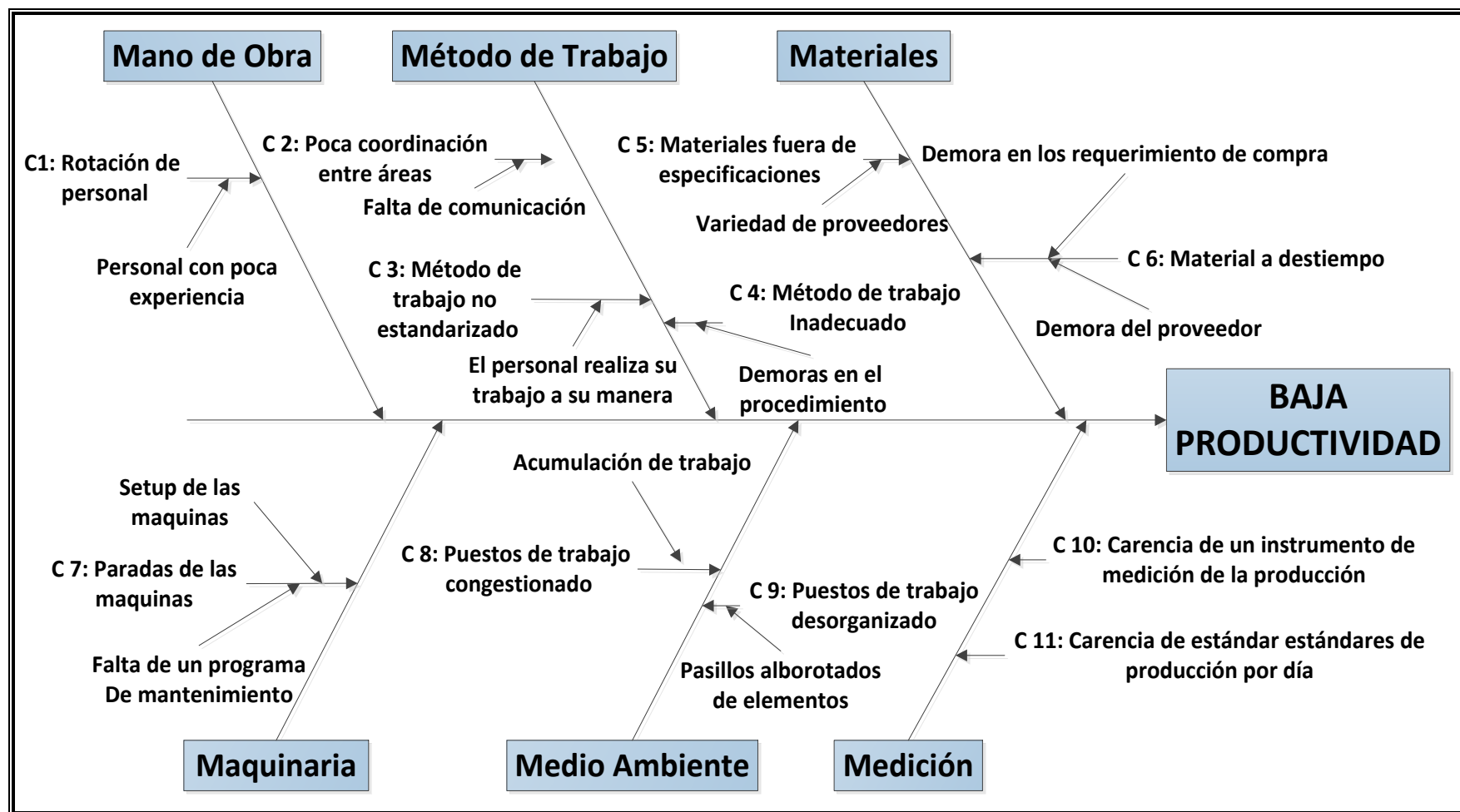


Figura 1. Diagrama de Ishikawa, E y C Metalikas S.A.C., 2018

Fuente: Elaboración Propia

Mediante las causas encontradas en el diagrama de Ishikawa en la figura 1, se realiza una valoración para indicadores cualitativos (tabla 1), procediendo a realizar una Matriz de Criticidad registrando la ponderación dada por los departamentos y áreas implicadas en el proceso productivo (tabla 2).

Tabla 1  
Tabla de valores para indicadores cualitativos

Dominio de valores para asignar indicadores cualitativos	
Valor	Impacto
1	Sin repercusión
2	Poca repercusión
3	Algo de repercusión
4	Repercusión media
5	Repercusión
6	Mucha repercusión

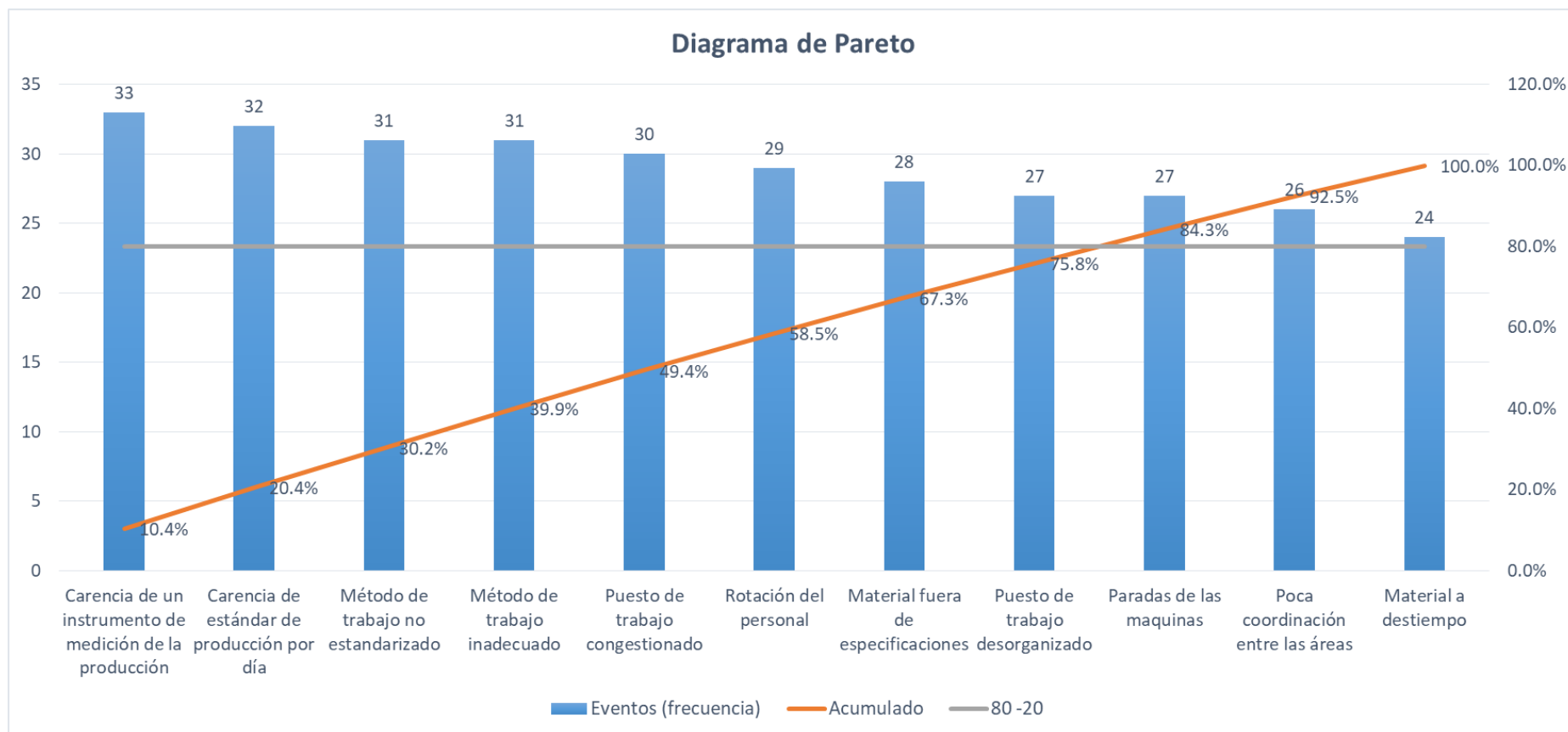
Fuente: Elaboración propia

Tabla 2  
Matriz de criticidad

		MATRIZ DE CRITICIDAD							
		Departamento de Evaluación en base a la importancia para cada puesto de trabajo							
	CAUSAS	Departamento de Ingeniería	Departamento de Calidad	Departamento de Proyectos	Departamento de Producción	Almacén	Trabajadores de Planta	Eventos (frecuencia)	Acumulado
c10	Carencia de un instrumento de medición de la producción	6	3	6	6	6	6	33	10.4%
c11	Carencia de estándar de producción por día	5	5	5	6	5	6	32	20.4%
c3	Método de trabajo no estandarizado	6	6	5	5	4	5	31	30.2%
c4	Método de trabajo inadecuado	6	5	6	6	4	4	31	39.9%
c8	Puesto de trabajo congestionado	5	4	4	5	6	6	30	49.4%
c1	Rotación del personal	4	6	5	5	4	5	29	58.5%
c5	Material fuera de especificaciones	4	4	4	6	5	5	28	67.3%
c9	Puesto de trabajo desorganizado	3	4	5	6	4	5	27	75.8%
c7	Paradas de las máquinas	5	4	4	6	4	4	27	84.3%
c2	Poca coordinación entre las áreas	4	3	5	6	4	4	26	92.5%
c6	Material a destiempo	2	3	4	5	5	5	24	100.0%

Fuente: Elaboración Propia

Con la ponderación dada por los departamentos y áreas implicadas, se procede a analizar los porcentajes y priorizar los problemas mediante el Diagrama de Pareto (Figura 2).



*Figura 2. Diagrama de Pareto*

Fuente: Elaboración propia

## 1.2 Trabajos previos

Pérez (2011), en su proyecto de investigación titulado “*Mejoramiento de los procesos productivos de la empresa Accecol LTDA.*” para obtener el título de Ingeniero Industrial, en la Universidad Industrial de Santander situada en Bucaramanga, Colombia. Empleó un diseño de investigación pre – experimental, en los métodos de análisis se aplicó la observación y recolección de datos de las 25 líneas de producción seleccionando 5 líneas de producción por ser las más representativas y de mayor incidencia. Aplicando herramientas de manufactura flexible para generar mayor productividad al proceso, teniendo como estudio piloto la aplicación Value Stream Mapping, que permitió definir tamaños de lote de acuerdo al Takt time impuesto por la demanda, 5’S para la eliminación de despilfarros por búsquedas innecesarias e implementación de jornadas kaizen, como herramienta de identificación y solución de despilfarros permitiendo involucrar al recurso humano al proyecto. Mediante estas 3 herramientas Lean se logró reducir los tiempos de respuesta al cliente (Lead time) de días a horas; es decir, una disminución de más del 50% de tiempo de respuesta.

Jara (2012), en su tesis “*Propuesta de estudio para mejorar los procesos productivos en la sección metalmecánica, fabrica Induglob*” para obtener el título de Ingeniero Industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana situada en Cuenca, Ecuador. Empleó un diseño de investigación pre-experimental, en los métodos de análisis se aplicó la observación y recolección de datos. Se aplicó las herramientas Lean como Value Stream Map como herramienta de análisis e información de las actividades desarrolladas en una familia de productos, teoría de restricciones (TOC) para el análisis de la capacidad y 5’S estableciendo mejoras en los puestos de trabajo cambiando a un estado de orden y limpieza en los procesos productivos en la sección metalmecánica. Se valió de los principios de Lean para la obtención de una producción fluida, regulando los niveles de inventario y abastecimiento, convirtiendo en una sistema Push and Pull. Los resultados obtenidos revela una mejora del 57,4% en el Lead time a consecuencia de una disminución considerable en inventario obteniendo un 10 % más de utilidad neta, por la implementación de estas tres herramientas.

Martínez (2015), en su investigación titulada *“Implementación de Values Stream Mapping para optimizar el manejo de inventarios dentro de una planta de fundición de partes automotrices”* para obtener el grado de Maestro en Ingeniería Industrial, en el Instituto Politécnico Nacional situada en México, empleó un diseño de investigación experimental. Aplicando la herramienta Value Stream Mapping para la optimización del manejo de materiales en la planta de fundición. La sola implementación de la herramienta Value Stream Mapping brindó soporte al problema de inventarios, logrando mejorar el flujo de inventarios, orientando a la empresa a tener el material necesario en cada punto de consumo y almacenes; con lo que se logró obtener una reducción de materia prima de 49,58%, y una disminución de costo total de existencias de 17.79%.

Gárate (2015), en su tesis *“Diseño de un sistema de producción, para mejorar la productividad en la fábrica de accesorios y tuberías plásticas E.I.R.L., basado en producción esbelta – Chiclayo 2015”*, para obtener el título de Ingeniero Industrial, en la Universidad Señor de Sipán, empleó un diseño de investigación no experimental – propositiva, en los métodos de análisis se aplicó la observación y recolección de datos para la elaboración de un diagrama causa-efecto como análisis inicial de causa y efecto que provocan la ineficiencia de la productividad. Se aplicó la herramienta Lean 5’S con la ayuda de estandarización de los procesos mediante el estudio de tiempos, con lo que se logró generar estándares en los procesos, clasificar, ordenar y limpiar adecuadamente elementos para un mejor control visual, y agregar una disciplina empresarial manteniendo un ambiente agradable. Mediante la aplicación de esta herramienta se logró obtener un 61 % más de eficiencia económica, disminuyendo costos de producción que no agregan valor.

Dávalos (2015), en su tesis *“Aplicación de Lean Manufacturing en el área de producción y su influencia en la rentabilidad de la empresa Producciones Nacionales TC E.I.R.L”* para obtener el título de Ingeniero industrial, en la Universidad Nacional de Trujillo, empleando un diseño de investigación experimental, en los métodos de análisis se aplicó la observación, análisis y recolección de datos con relación a la rentabilidad actual y futura de los activos tangibles. Utilizó la herramienta Total Productive Maintenance (TPM) para eliminar desperdicios asociados a productos defectuosos, averías y tiempos de espera, además de lograr estandarizar los procesos y los tiempos empleados en actividades de hombre-máquina.

Todo esto logró aumentar la actividad operativa reduciendo 5% de los productos defectuosos, eliminando tiempos por paradas no programadas y el tiempo de espera de los trabajadores. Esto generó un aumento en la rentabilidad mensual de la empresa de 0.65%.

Dorismit ( 2016), en su tesis “ *Aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad de la empresa Molino Espino E.I.R.L 2017*”, para obtener el título de Ingeniero Profesional Industrial, en la Universidad Cesar Vallejo de Trujillo, empleó un diseño pre - experimental, en los métodos de análisis aplicó la observación directa, análisis de información y la revisión documentaria. De dicho estudio aplicó las herramientas de 5 S y SMED, el cual la aplicación de 5 S tuvo un incremento en los procesos de Tolvas (42%), pre limpieza (45%) descascarado (40%) y envasado (44). de igual forma la aplicación de SMED redujo las actividades de preparación en un 85 %. Esto generó un incremento de 21 % en la productividad de la materia prima.

Aranibar (2016), en su tesis “ *Aplicación del Lean Manufacturing, para la mejora de la productividad en una empresa manufacturera*”, para obtener el título de Ingeniero Industrial, en la Universidad Mayor de San Marcos, empleó un diseño de investigación experimental, en los métodos de análisis se aplicó la observación y recolección de datos de dicho estudio, cuyo objetivo general fue obtener la mayor productividad de sus procesos a través de las herramienta Value Stream Map (VSM) como herramienta de análisis e información de la situación actual y futura complementándolo con la herramienta Kanban para mantener un control de la producción y movimiento de materiales introduciendo un sistema de trabajo Just in Time; los resultados indicaron un incremento en la capacidad de producción de un 100% con relación a la productividad, al duplicarse el flujo de producción en la fase inicial.

Córdova (2012), en su tesis “ *Mejoras en el proceso de fabricación de Spools en una empresa metalmecánica usando la manufactura esbelta*” para obtener el título de Ingeniero Industrial, en la Pontificia Universidad Católica del Perú, empleando un diseño de investigación pre – experimental, cuyo objetivo general fue mejorar la cadena de producción de su producto estrella “SPOOL” a través de la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta



enfocado a la calidad y Lead time, usando: JIT, Jidoka, Poka y Yoke, 5'S y Kanban, siendo estas dos últimas herramientas las que más impacto en la eliminación de desperdicios con un 62.09% de los defectos totales detectados en los procesos de la fabricación de spool.

Torres (2014), en su investigación titulado "*Propuesta de mejora en el proceso de fabricación de pernos en una empresa metalmecánica*" para obtener el título de Ingeniero Industrial, en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; empleó un diseño de investigación no experimental - propositiva, utilizó para la propuesta de mejora, las herramientas 5'S, Sistemas SMED y los sistemas Poka y Yoke como herramientas que se complementan e interactúan, para la disminuir los principales problemas de demora en el Setup de las máquinas, falta de útiles apropiadas y paradas por mantenimiento correctivo que en conjunto representan un 80% de las causas de demora en el tiempo de fabricación. En la investigación se propuso un modelo (prototipo) haciendo énfasis en la optimización del tiempo en la ejecución de Setup de las máquinas para un mejor rendimiento de ello, la herramienta SMED genera una reducción de tiempo de cambio de utillaje de 8,02 %, mediante las 5's se logró estandarizar y crear una filosofía de orden y limpieza mejorando un 50 %, lo que se logró mejorar el control visual de puestos y áreas de trabajo. El plan piloto de la investigación concluyó que después de utilizar las herramientas Lean Manufacturing, logró aumentar la productividad operativa (máquinas, personal y métodos), reduciendo sistemáticamente los desperdicios de tiempo, cambio de productos, recorrido, almacenaje, orden y limpieza comprobando así la eficacia de las herramientas Lean en la mejora continua.

### 1.3 Teorías relacionadas al tema

El estudio se fundamenta en la teoría relacionada a la mejora continua y la metodología Lean Manufacturing. Al respecto se conoce como **Mejora continua**, la cual es una filosofía en busca de la optimización constante de la calidad del proceso y producto o servicio. Hablar de mejora continua es hablar de “calidad”, por lo que toda empresa se ve en la necesidad de implementar nuevos métodos, herramientas y técnicas que ayude a mejorar su competitividad en un mercado exigente y cambiante. Por consiguiente el empleo de la mejora continua es un conjunto de actividades enfocadas a cumplir con los requisitos del cliente, para satisfacer sus necesidades (García, Quispe & Raéz, 2014).

Fernández (2010) explicó que la mejora es una filosofía disciplinaria enfocada al aumento de la productividad que beneficia al crecimiento y fortalece cada segmento del proceso productivo, brindando la posibilidad de ser cada vez mejor. Por lo general, una forma de mejora continua es disminuyendo o eliminando la complejidad y los puntos críticos de fracaso. En otras palabras optimizar los recursos de una manera que sea más productiva.

La mejora continua se basa en el **ciclo de Deming** y su plan de acción de mejora continua, empleado por Edwards Deming, en un contexto de gestión de la calidad disciplinaria en la elaboración del producto, ligado a cuatro etapas: la primera etapa **planear** donde se estudia exhaustivamente los procesos involucrados, datos, comprendiendo las necesidades del cliente involucrando al personal correcto. En esta etapa se establece el problema de estudio que se desea mejorar, los objetivos y los métodos que se emplean para realizar el plan de mejora, **hacer** consiste en realizar lo planeado, implementar la mejora para poder realizar la mejora, **verificar** analizar los datos para comprobar si se obtuvo los resultados deseados, comprender y documentarlo de manera que quede un registro de consulta, aprender de los errores y resolver los problemas que aún quedan, **actuar** mediante aspectos que debemos mejorar o cambiar luego comunicar de la mejora a todo el personal de la empresa (García et al., 2014).

Emplear una mejora continua induce a la reducción de los tiempos de respuesta al cliente, disminuir los excesos de lote y el aumento de la confiabilidad de los procesos, pudiendo decir que la mejora continua es la base para varias metodologías. Una de ellas es la filosofía empresarial moderna denominada **Lean Manufacturing**, término acuñado en 1991 por Womack, Jones y Ross en su libro “La máquina que cambió al mundo” inspirados en los sistemas de producción de Toyota en los años 50. Lean Manufacturing es una filosofía de

mejores prácticas empresariales basada en el entrenamiento de las personas, que propone aumentar los beneficios utilizando el mínimo de recursos (Hernández & Vizán, 2013).

Según Fernández (2015) indica que muchas organizaciones comienzan el reto de mejorar sus actividades administrativas y de producción que les genere resultados desde el comienzo de su aplicación; sin embargo, pierden la motivación a medida que su implementación de mejora continua avanza hasta llegar a una especie de meseta, retornando luego a sus antiguos hábitos.

Las características intrínsecas de un método o herramienta de gestión deben generar un hábito de mejora continua e innovación constante para el logro de los objetivos empresariales. Lean Manufacturing o Lean Thinking se embarca en la incansable búsqueda de eliminar o disminuir los procesos y actividades innecesarias (muda), para simplificarlo de manera de reducir los costos operativos y de gestión. Lean Manufacturing se aplicó inicialmente en sistemas de producción desarrollados en Japón. Lean significa: ágil o flexible, su objetivo es la eliminación del desperdicio, mediante un conjunto de herramientas que otorga Lean Manufacturing, constituyéndose en una herramienta comprobada de mejora continua inspiradas en los principios de William Edwards Deming (Cuatrecasas, 2012).

Lean Manufacturing ha ayudado a la solución de problemas de productividad, rentabilidad y flexibilidad a Toyota en los años 50, reduciendo costos por actividades que no aportan valor agregado al producto y encontrando la mejor forma de generar un flujo de producción continua optimizando el uso de los recursos, tiempo y calidad. El bajo costo de producción, rapidez y calidad del producto son algunos de los beneficios al aplicar el pensamiento Lean (Fernández, 2015).

Actualmente el interés que representan las organizaciones por implementar Lean viene siendo de gran magnitud, ya que aporta una estrategia de negocio para cualquier entidad de producto o servicio, además que emplea un ambiente de unión con todos los departamentos. Los sistemas de producción siempre presentan elevados costos para cualquier organización, elevar las ventas y reducir los costos de producción sin alterar el producto, ayudará a aumentar la rentabilidad mediante la disminución del costo efectividad de los recursos (Rajadell & Sánchez, 2010).

Lean Manufacturing identifica 8 desperdicios los cuales son (Cabrera, 2012):

- **Desperdicio de Inventario:** Tener inventarios altos de materiales en el proceso y producto terminado genera un gasto por almacenamiento, perdiendo oportunidad de inversión. Un material o producto almacenado están propensos a deterioro, por manipulación dentro de almacén y posible obsolescencia, siendo las características por: Volúmenes altos de producción, exceso de insumos y mano de obra, pasillos abarrotados de productos por necesidad de zonas de almacenaje extra (Cabrera, 2012).
- **Desperdicio por Sobreproducción:** Producir más de lo que se necesita implica un desperdicio de utilización de los recursos (mano de obra, maquinas, tiempo, material, etc.). La producción en grandes cantidades de manera continua es un desperdicio que no incita a la mejora, por lo que producir en cantidades grandes, abre nuevas puertas de desperdicio ya que incide en la sobreutilización de los recursos, siendo las características por: altos volúmenes de stock, flujo de producción desnivelada, excesivo material obsoleto, necesidad de zonas de almacenaje extra, fallos constantes en la calidad de los productos. Y sus causas posibles es debido a: (a) carente utilización de la atomización, (b) tiempos de Setup de las maquinas en exceso, (c) procesos deficientes, (d) programación a destiempo, (e) falta de retroalimentación entre áreas involucradas (Rajadell & Sánchez, 2010).
- **Desperdicio por tiempo de espera o tiempo vacío:** El desperdicio de tiempo de espera, es producto del trabajo o proceso ineficiente. Las actividades dentro de un proceso productivo pueden generar que los trabajadores estén inactivos mientras que otros están saturados de trabajo. Sus características son : (a) el trabajador espera que la maquina termine, (b) la máquina espera al trabajador, (c) colas de material en el proceso, (d) paradas extraordinarias, (e) tiempo para ejecutar reproceso, siendo sus posibles causas: (a) Distribución de planta deficiente por acumulación de procesos, (b) desequilibrio de existencias, (c) exceso de producción, (d) cambio de utillaje complejos, que generan tiempos grandes de setup de las maquinas, trabajos retrasados por indisposición de material o piezas (Rajadell & Sánchez, 2010).
- **Desperdicio por Movimiento:** El tema ergonómico por movimiento y posturas inadecuadas, por ubicación de herramientas, equipos, información, lo que retrasa la producción es la inadecuada distribución de las herramientas y equipos dentro de los puestos de trabajo (Rajadell & Sánchez, 2010).

- **Desperdicio por transporte:** Desperdicio que resulta de la manipulación y traslado de materiales, equipo, maquinarias o información, en algunos casos debido al layout carente o mal diseñado. Eliminar distancias innecesarias para el mejor flujo de la producción. Por consiguiente las líneas de producción, los insumos y las maquinarias deben fluir paulatinamente de un puesto de trabajo a otra, evitando las colas de inventario materiales y productos en proceso. Siendo las características: (a) Exceso de actividades y manipulación de insumos o elementos dentro de los procesos, (b) elementos o productos pesados difíciles de transportar. Siendo sus posibles causas debido a: (a) Mala distribución de planta (layout) carente o mal diseñada, (b) grandes lotes de producción, (c) exceso manipulación y materiales dentro del proceso por disposición de las maquinas. (Rajadell & Sánchez ,2010).
- **Desperdicio por sobreprocesamiento:** Como resultado de añadir valor invisibles y sin valor desde el punto de vista del cliente, son desperdicios innecesarios, que la empresa debe solucionar para obtener un ahorro en el costo de producción. (Rajadell & Sánchez ,2010).
- **Desperdicio por defectos:** El desperdicio que genera defectos en el producto, significa una gran pérdida de la productividad para las empresas, ya que implica un gasto innecesario tales como en el reprocesamiento, correcciones, mano de obra, etc. como consecuencia de una mala ejecución de los procesos. Siendo unas de sus características: (a) Pérdida de dinero, (b) tiempo, (c) insumos, (d) capital de trabajo, (d) autoestima baja de los operarios, (e) maquinaria con defectos, (f) insumos extra para la corrección del producto. Siendo sus posibles causas debido a: (a) Metodologías no estandarizadas y definidas, (b) entrenamiento carente e inadecuado, (c) falta de inspección y mantenimiento al inicio de cada jornada laboral (Rajadell & Sánchez ,2010).
- **Desperdicio del talento humano:** Producido por el desaprovechamiento de las capacidades de los trabajadores. La eliminación del desperdicio del capital humano mediante el adiestramiento y la capacitación en cada área de desenvolvimiento, ayuda a identificar desperdicios tomando sus propias decisiones con respecto a la mejora continua. (Cabrera, 2012).

Es correcto mencionar que la ejercida por los competidores, ha hecho que la organización busque convertirse en magra, como un comienzo a la conversión es necesario identificar la

situación actual a través de mapas de flujo mediante el uso del VSM, como herramienta completa que identifica el valor y las actividades que no agregan valor, eliminándolo del proceso o reduciendo los desperdicios mediante la aplicación de otras herramientas Lean (Güner & Yazar, 2016).

Lean Manufacturing emplea diversas **herramientas**, en esta investigación se emplearan las siguientes:

1. **Value Stream Mapping (VSM)**, Es una herramienta más importantes de Lean, son utilizadas para visualizar a detalle el proceso de producción, esta herramienta de fácil entendimiento ayuda a comprender como funciona el proceso dentro de una organización, a su vez detecta procesos y actividades que no agregan valor al proceso de producción. El VSM o mapa de flujo de valor es el punto de partida para la implementación de mejora en una organización, mediante la representación gráfica del flujo de la información y materiales que permite representar el estado actual, de manera de obtener todos los problemas, y que en base a ello, obtener la solución de los problemas mediante la aplicación de otras herramientas Lean, llegando a un mapa de estado futuro donde se representa la mejor solución a corto plazo donde hipotéticamente no existen problemas en el proceso de producción, obteniendo así una mayor productividad con relación a la utilización de los recursos (Socconini, 2009).

El VSM se ve amoldado a los requerimientos de los principios Lean, rediseñando los procesos de manera de generarar fluides, mediante la eliminacion de mudas. El mapa de flujo de valor proporciona la eficiencia de los procesos (Marti & Torrubiano, 2013).

La herramienta Lean, mapa flujo de valor contribuye a la toma de decisiones dando la importancia a diagramar la cadena de valor para la aplicación de otras herramientas. El VSM redirige el sistema para la mejora del proceso operativo y por ende su productividad (Giavina et al., 2017).

Es por ello que el VSM plantea un estado actual como representación visual global de la producción y la realización de las actividades. El segundo pasó en base a lo identificado proponer un mapa de estado futuro donde muestren las mejoras identificadas. Mediante la reestructuración del flujo de valor completado, se puede

iniciar nuevamente como retroalimentación sistemática de los procesos a la ayuda del aumento de la productividad (Lucherini y Rapaccini, 2017).

Esta herramienta hace uso de iconos que ayudan al entendimiento y funcionamiento, siguiendo el siguiente esquema para su implementación (Cabrera, 2011):

**Etapas 1, seleccionar la familia de productos de estudio:**

- (a) elegir 3 a 5 personas que estén familiarizadas con el proceso a diagramar, (b) mediante un recorrido visualizar todos los detalles a captar, (c) seleccionar un líder del equipo con la actitud y mente abierta que coordinará las actividades y que logre mantener al equipo enfocado a resultados.
- Luego que el grupo elegido conoce el proceso deberá recorrer varias veces la cadena de valor, de manera de evidenciar la realidad actual. Debiendo usar las 5W (who, what, when, where y why) para un mejor entendimiento de porque se realizan las cosas y cómo funciona actualmente.
- Planificar un criterio de agrupación de productos cuando exista una variedad grande de lo mismos.
- Se debe limitar el estudio hacia una familia de productos, seleccionar la familia de productos que tenga un mayor impacto en la organización, de preferencia que los procesos y los productos coincidan un 70 % como mínimo.

**Etapas 2, diagramar el estado actual,** esta etapa muestra cómo trabaja los procesos actualmente. Esta primera representación de la cadena de valor es muy importante para la identificación de oportunidades de mejora. El grupo de 3 a 5 personas formado debe estar convencido de las observaciones hechas en la primera etapa, valiéndose de sus anotaciones y tomas de tiempo. Para ello usa los siguientes pasos para lograr diagramar el mapa de flujo de valor.

- Dibujar los pictogramas de cliente, proveedor y de control de producción.
- Definir con claridad los requisitos del cliente en un periodo de tiempo (mes y día).
- Hallar la producción por día y los requisitos con las que debe contar los contenedores.
- Diagramar el icono de embarque (camión) y la frecuencia con la que es enviado al cliente.

- Diagramar el icono que entra a la organización (camión del proveedor) y la frecuencia de entrega.
- Diagramar los procesos con sus respectivas cajas de datos y la línea de tiempo por debajo de las cajas de datos.
- Diagramar las flechas de comunicación de la cadena de valor con sus respectivos métodos y frecuencias.

Por ultimo para el análisis de estado actual es necesario obtener los datos de los procesos, que son obtenidos en la etapa 1, las cuales son (Cabrera, 2011):

- **Tiempo de ciclo (TC)**, representado por el tiempo que transcurre de la obtención de una pieza o producto a la siguiente.
- **Tiempo cambio de modelo (C/O)**, definida como el tiempo que se incurre para cambiar un modelo o proceso a uno diferente (cambio de modelo, color, dimensión, calidad, etc.).
- **Tiempo disponible del trabajador (EN)**, definido como el tiempo que el operario está disponible para realizar sus labores diarias restando el tiempo por descanso, comida, etc.
- **Tiempo de funcionamiento (Uptime)** o disponibilidad, defina como la confiabilidad de la máquina.

$$\text{Tiempo disponible} = \text{Tiempo total} - \text{Tiempo planeado}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo disponible} - \text{Tiempo muerto}}{\text{Tiempo disponible}}$$

El apoyo del Takt time determina el ritmo de producción en un intervalo de tiempo, y está determinado por la disponibilidad del operario y por la demanda del cliente (Cabrera, 2011).

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo de disponible de producción}}{\text{Demanda del cliente}}$$



De acuerdo a estos datos se dibuja la línea de tiempo. En dicha línea de tiempo se coloca los tiempos de ciclo del **producto en procesamiento** en segundos definida por (Villaseñor & Galindo, 2011):

$$\text{Tiempo de Procesamiento} = \sum \text{tiempo de Procesamiento Individual}$$

Y los **productos en transformación almacenados en inventario** (en días). Al final de proceso se suma los tiempos de ciclo individual con los días que pasa el producto en inventario para conseguir el tiempo de entrega de producción o **Lead time**.

**Etapas 3**, diagramar el **estado futuro** donde se desarrolle (Socconini, 2009):

- **Flujo continuo** de materiales e información.
  - Juntar las operaciones y aplicar **supermercados**.
  - Eventos cortos de mejora, para aplicar herramientas Lean donde se requieran.
  - Diagramar y mejorar constantemente el mapa de la cadena de valor.
2. Para desarrollar el mapa de estado futuro es necesario tener presente el concepto relacionado de **Manufactura celular** como un concepto enfocado a generar flujo continuo al proceso.

Según Socconini (2009) define la manufactura celular como un concepto de fabricación de producción interrumpida a través de las operaciones, minimizando o eliminado significativamente los tiempos de ciclo por operación por inventarios de productos semielaborado entre procesos. También lo define como un proceso basado en la unión de los procesos donde sea posible el flujo continuo. El objeto de su implementación es eliminar los tiempos de espera de inventarios en proceso.

Para aplicar manufactura celular es importante analizar y estudiar las herramientas que generen fluidez al proceso como (Villaseñor & Galindo, 2011):

**Paso 1**, el balanceo de línea inicia con el análisis del mapa de la cadena de valor de estado actual, analizando las operaciones haciendo uso de la **herramienta de balance de Operator Balance Chart (OBC)**, El OBC muestra los elementos necesarios de trabajo el tiempo de ciclo de cada estación de trabajo con relación al Tak Time y el tiempo que se necesita para producir un producto (tiempo de ciclo).

- Paso 1, definir los tiempos de ciclo actual visualizado en el VSM y los procesos de trabajo.
- Paso 2, hacer uso de grafico de barras para visualizar si los tiempos de ciclo de los procesos sobrepasan el valor del Tak Time.
- Paso 3, determinar el número de operarios que se requiere la línea de producción mediante la siguiente formula.

$$\# \text{ de operadores necesarios} = \frac{\text{Tiempo de Cilo Total}}{\text{Tak Time}}$$

**Paso 2, balance de línea con relación al Tak Time**, como solución a eliminar los excesos de recursos. El balance de línea en los sistemas productivos es aplicado con el objetivo de evitar procesos desbalanceados, sobreutilización del personal y tiempos muertos por espera del proceso precedente o subsiguiente dejando al operario sin nada que realizar. Otro de sus beneficios es poner en evidencias las operaciones que necesitan más de un operador. El balanceo de línea es un procedimiento donde a cada operario se le designa más de un procedimiento para retribuir los tiempos con la finalidad de producir productos con menor o igual velocidad del Tak Time, con ello ayuda a optimizar los tiempos y la utilización del recurso humano. Al balancear las operaciones a un ritmo próximo al Tak Time evita que unos trabajen más que otros.

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo de disponible de producción}}{\text{Demanda del cliente}}$$

**Paso 3, desarrollar flujo continuo**, este paso tiene como objetivo principal es eliminar los inventarios intermedios donde sea posible, generando un mayor flujo de materiales e información al sistema de producción. Producir un elemento y transportarla al posterior proceso sin generar elementos en espera a ser trabajados, es el principal objetivo de generar un flujo continuo.

3. Para complementar y parte del VSM de esta ideal con el objetivo de generar fluidez al proceso es necesario conocer la herramienta Lean, **Kanban** y sus tipos de Kanban. Esta herramienta ayudó a Toyota a solucionar temas relacionados a la sobreproducción, realizando unas mejoras en el aprovechamiento del abastecimiento y producción en las estaciones de trabajo.

Kanban es una herramienta del **Just in Time (JIT)**, desarrollada por Taiichi Ohno en el segundo departamento de fabricación y montaje de Toyota, para eliminar costos por desequilibrio de existencias, mano de obra y material. Esta herramienta de Just in Time utiliza la producción de flujo continuo en ciclos cortos, de tal forma disminuir costos de producción. Esta herramienta usa los sistemas Kanban para mover volúmenes exactos, de materiales y productos (Dinas, Franco & Rivera, 2009).

Los Kanban gestionan el control y el orden creando liberaciones planificadas, reducen las fluctuaciones en cantidades mínimas, esto permite gestionar la demanda de piezas y las de entrega, de manera más eficiente logrando que sean más productivas con relación a la disminución de tiempos de operación y por ende menor utilización de los recursos (Kotani, 2007).

De acuerdo a Hernández & Vizán (2013) explicaron que el control de la producción está apoyado en el uso de tarjetas, esta herramienta utiliza los sistemas **Pull** (tirar desde la demanda) para una orden de producción en lotes pequeños de manera que el sistema Pull siempre este abastecidos de productos, Kanban ayuda a producir de manera continua bajo pedidos en la cantidad justa en el tiempo adecuado. La herramienta funciona de una manera que cada proceso utiliza los elementos del proceso precedente y estos a su vez inician la producción del elemento retirado, sincronizando el movimiento de materiales, trabajadores y proveedores.

Los sistemas Kanban hacen uso de tarjetas visuales resolviendo problemas de desequilibrio de costes de inventario y escasez. La producción programada y el orden son uno de los beneficios de la herramienta. (Lolli et al., 2015).

El propósito de esta herramienta se basa en (Hernández & Vizán, 2013):

- **Evitar la sobreproducción y el transporte exagerado** de los materiales e insumos en los procesos productivos.
- Aportar con las **instrucciones estandarizadas** basados en principios Kanban y los sistemas Pull.
- **Promover el control visual**, mediante la cual se logre visualizar si la información y el material fluyan de manera continua.

- **Lograr mejorar los sistemas**, las tarjetas adheridas a los contenedores en cada proceso representan el nivel de inventario, la mejora de los sistemas Kanban están direccionadas directamente a la reducción de stock de productos en transformación y proporcional a la reducción de tiempo de abastecimiento a los clientes internos y externos.

Existen dos tipos de Kanban: **Kanban de producción**, como orden de trabajo para producir; y **Kanban de retiro** como señal para mover o retirar desde el inventario y surtir a los procesos solicitantes. Estas tarjetas Kanban se enfocan a generar ordenes de trabajo y ordenes por reabastecimiento por parte de un proceso posterior, de manera que el flujo sea continuo en cantidades pequeñas (Villaseñor & Galindo, 2011).

Los beneficios de esta herramienta son: (a) Control de stock en los procesos que intervienen en la transformación del producto, (b) evitar la acumulación de inventarios, (c) añade valor al producto reduciendo el Lead time, (d) mejora el control de la calidad por tener stock mínimos, (e) usa pictogramas de fácil entendimiento, cumple con las entregas a tiempo (Rojas & Gisbert, 2017).

Existen variantes para el cálculo de número de Kanban, el cálculo dependerá del analista y la información obtenida, de tal forma que cada tarjeta administre la cantidad producida en contenedores (Socconini, 2008).

$$\# \text{ Kanban} = \frac{\text{Lead Time}}{\text{Tiempo Takt} \times \text{Tamaño de Lote}} + \text{Factor de Seguridad}$$

Además de las herramientas Lean descritas se usa otras **herramientas de mejora**, pues al momento de estudiar un producto o servicio se encuentra características distintas en función a la calidad. En esta perspectiva, es importante la identificación de aquellas características donde se suscitan los problemas que afectan a la calidad del producto o servicio, mediante la jerarquización y la clasificación por relevancia. Para este objetivo existen la herramienta de **diagrama de Ishikawa** y los **diagramas de Pareto** entre otras que ayudan a esta finalidad.

- **El diagrama de Ishikawa** o comúnmente llamada diagrama de causa - efecto o diagrama de pescado es utilizada gráficamente para detectar problemas, visualizando los factores que afectan directamente al problema, tomando las acciones correctivas

del caso, mediante métodos, herramientas, entre otros que ayuden a la toma de decisiones con vistas a la eliminación de los problemas. Esta herramienta toma las causas y factores que afectan al sistema productivo, una vez definido las causas se procede a elaborar las sub causas de una manera de entendimiento de estas, para la contribución de un determinado efecto. Este diagrama tiene la forma de un pescado donde la flecha horizontal conduce al efecto, y cuatro o seis flechas se perfilan a la flecha principal (flecha horizontal) en la cual representa las causas y sub causas que contribuyen al efecto, las cuales son métodos, materiales ,mano de obra, medición, medio ambiente, maquinaria (Pérez, 2010).

Las causas y sub causas del diagrama de causa - efecto incide en los desperdicios de los procesos productivos. Las sub causas de **mano de obra** se deberá al adiestramiento y la motivación del trabajador, en cuanto a la espina de las **maquinas** se deberá en algunos por temas de desgaste o falta de mantenimiento, la **materia prima** las posibles causas es ocasionado por la variación y las especificaciones o la calidad del producto, las causas en la **medición** se verá afectado por los desajustes y los **métodos de medición** inapropiados, esto afectara al **medio ambiente** del puesto de trabajo (Pérez, 2010).

- **Diagrama de Pareto**, es una herramienta de análisis e información de eficiencia comprobada que emplea la clasificación y jerarquización de las características que afectan directamente al producto o servicio con respecto a la calidad. Utiliza gráficos de barras en forma descendente representando la ocurrencia de incidencia de las causas raíz de los problemas. Lo que en definitiva marca la prioridad en un grupo de causas e influye a las toma de decisiones detectando prioridades para la eliminación de los problemas que afectan al proceso. La representación gráfica es según la importancia que tengan dichas causa, por el lado izquierdo los “pocos vitales” y por el lado derecho los “muchos triviales”, esta herramienta es comúnmente llamado curva de 80-20 o A-B-C debido a que la regla establece que el 80 % de una problemática de un proceso se deben eliminar 20 % de las causas vitales. La forma de construir un diagrama de Pareto son: Determinar y delimitar el problema de estudio, construir una tabla de comprobación de datos, recoger la información y los cálculos globales, construir una tabla agrupados por total individual, total acumulado y el porcentaje que representa, ordenar de mayor a menor los itens por cantidad,

diseñar los ejes vertical y horizontal, diseñar un gráfico de barras en base a las cantidades y acumulado de cada ítem de problema, trazar la curva que se genera al marcar los valores acumulativos y unir los puntos, esto representara el comportamiento del impacto de los problemas jerarquizadas, el uso correcto de esta herramienta permite contribuir a la toma de decisiones a los inconvenientes a eliminar (Cabrera, 2012).

El diagrama de Pareto se usa para: (a) analizar un bien o servicio para su mejoramiento enfocado a la calidad, (b) ayuda a la toma de decisiones mediante la identificación de oportunidades, (c) prioriza las principales causas que afectan a su funcionamiento (Alessio, 2017).

Para un **análisis y registro de los procesos**. Es necesario el diagrama de flujo que ayuda a visualizar a detalle los procesos operativos. El diagrama de registros de los procesos es útil para visualizar procesos no productivos como distancias entre procesos, retrasos y almacenamientos de productos estacionados a través de símbolos. Una vez identificadas estos procesos no productivos se pueden tomar las medidas necesarias eliminando o disminuyendo su impacto, por consiguiente reducir sus costos (Niegel y Freivalds, 2009).

- El **Diagrama de proceso operativo** es una herramienta que muestra la secuencia ordenado de las operaciones, supervisión, tiempos empleados y materiales usados en la conversión de un materia prima a un producto. La Gráfica detalla las entradas sub - ensambles en un eje principal. Se hace uso de símbolos estandarizadas para representar una acción en el proceso usadas en el diagrama de operación (Niegel y Freivalds, 2009).

Jananía (2008) señaló que el diagrama de operaciones de procesos representa de manera visual las etapas que conforman una actividad o tarea segmentándolas por etapas para analizar y mejorar el proceso.

Antes de dar inicio a la construcción del diagrama de operaciones, el uso de información adicional es importante tales como nombre o título de la gráfica, información sobre quien lo realiza, descripciones del proceso, fecha, número de plano, área, método pre o post. Otro aspecto es conocer el uso de las flechas verticales que señala el flujo que sigue el proceso mediante avanza el trabajo. Las líneas

horizontales hace referencia a los materiales que alimentan a la línea de eje vertical principal (Niebel y Freivalds, 2009).

- Por otra parte el **diagrama de flujo de proceso o cursograma analítico** (Anexo C: Instrumento 1) es una herramienta que proporciona una mayor información que un diagrama de proceso operativo. El cursograma analítico es una representación gráfica del recorrido del producto o elemento hasta que su almacenamiento final a las que se les adhiere un símbolo a la acción que realiza empleando símbolos de **operación, inspección, movimiento o transporte, demoras** como **almacenamiento** añadiendo información de **tiempo y distancia**. De acuerdo al análisis de los procesos representados en el cursograma analítico se determina las actividades productivas e improductivas que intervienen en la elaboración de un bien o producto (Niebel y Freivalds, 2009).

En el presente proyecto de estudio, es importante conocer el uso de las herramientas de **estudio de tiempos**. Lean emplea en una de sus herramientas indicadores cuantitativos para un mejor entendimiento de la demanda del cliente y productos producidos total o parcial. Mediante el estudio de tiempos se obtiene información importante y fehaciente del tiempo que invierte un trabajador calificado para llevar a cabo una tarea encomendada (Caso, 2006).

Es por ello que la medición de tiempos ayudara a tener un mejor panorama de producción por unidad de tiempo para ello es necesario: **seleccionador al trabajador** con un desempeño promedio de manera que realice sus labores de manera constante normal, por lo que el operario debe estar capacitado familiarizado con el procedimiento establecido, **analizar el puesto de trabajo y desglosarlo** en grupos de movimientos de esta manera facilitara la medición, **tomar y registrar el tiempo que el operario emplea para realizar sus labores** (Anexo C1: Instrumento 2) por lo que el analista toma información del tiempo empleado y se convierte en una información valiosa para definir datos estándar, fórmulas de desempeño del trabajador, definir los suplementos u holguras, y la puesta en marcha del estudio (Niebel y Freivalds, 2009).

De igual manera son importante los métodos de medición de elementos como el **uso del cronometraje (electrónico y mecánico)** y la observación directa. Esto evidenciará el desempeño que incurre el operador. Es una técnica de análisis basada en observaciones donde se determina el tiempo que se necesita para que el operario realice sus tareas, medidas **de tiempo por muestreo** referido a la cantidad necesaria de muestras que el analista debe

cronometrar de manera que se obtenga tiempos similares. Además el evaluador, el encargado de calificar al operario debe tomar en cuenta y añadir los factores por holguras y calificación de desempeño pre establecido en las herramientas de estudio de tiempo.

Teniendo las consideraciones previas descritas, la evaluación de un operario calificado acostumbrado a trabajar en las condiciones propias de la estación de trabajo en el ritmo normal a lo largo del día, se calcula de la siguiente manera: (Niebel y Freivalds, 2009).

$$\text{Tiempo Normal} = \text{Tiempo medio observado} \times \frac{\text{Calificación de desempeño}}{100}$$

Para la siguiente fórmula de estudio de tiempo es importante conocer que son **suplementos u holguras** en las estaciones de trabajo, es imposible mantener un paso estándar en la jornada de trabajo. Durante la jornada laboral se presenta comúnmente 3 tipos de interrupciones: **interrupciones de tipo personal** (uso de servicios higiénicos y tomar agua), la **fatiga** que afecta incluso al operario más sano y fuerte, **interrupciones por parte del supervisor** debido a variaciones, materiales, o problemas operacionales. Por tales interrupciones se requieren la adición de la holgura al **tiempo normal**, con el fin de realizar un estudio y **análisis estándar** (Anexo C1: Instrumento 3) justa, de tal forma que el trabajador realice sus actividades de manera razonable (Niebel y Freivalds, 2009).

$$TE = TN + TN \times \text{Holgura} \quad \text{o} \quad TE = TN \times (1 + \text{Holgura})$$

Obteniendo estos datos de las dos fórmulas descritas podemos hallar el **tiempo de ciclo** mediante la suma de todos los tiempos estándar de los elementos de una tarea (Niebel y Freivalds, 2009).

$$\text{Tiempo de ciclo} = TE_1 + TE_2 + TE_3 + \dots + TE_N$$

Por otra parte es importante hablar de la **Productividad**, segunda variable de estudio del presente trabajo de investigación. La productividad está directamente relacionado a los resultados obtenidos en un proceso, por lo que el éxito de los resultados se reflejan en un incremento de la productividad con relación a los recursos empleados, es decir la productividad se calcula mediante los resultados obtenidos entre los recursos empleados, estos resultados se representan en unidades producidas, piezas vendidas, o por utilidades entre otras. Los recursos empleados se mide por cantidad de trabajadores, horas – máquina



y el tiempo absoluto empleado, etc. La productividad se ve afectada en muchos casos por la ineficiencia, distribuciones de planta, métodos inadecuados, paros en el sistema (Gutiérrez, 2010).

Con respecto a la productividad, autores como Cruelles (2013) señalan que “La productividad es un ratio que mide el grado de aprovechamiento de los factores que influyen a la hora de realizar un producto; se hace entonces necesario el control de la productividad” (p.10). Cuanto mayor sea la productividad de nuestra empresa, menores serán los costos de producción y por lo tanto, aumentará nuestra competitividad dentro del mercado.

García (2011) afirma que la productividad es: “La relación entre los productos logrados y los insumos utilizados o los factores de la producción que intervinieron, el índice de productividad expresa el buen aprovechamiento de todos y cada uno de los factores de la producción en un periodo definido” (p.17).

La productiva es la capacidad del cumplimiento de los objetivos y la generar solución de óptima calidad con el menor esfuerzo, a favor de todos. La esencia de la palabra productividad está basada en el trabajo inteligente y el menor esfuerzo del trabajador (Fernández, 2010).

La medición de la productividad suele ser medido de manera directa (horas – trabajo, energía necesaria, etc.). Pero llevan una formula en general de fácil entendimiento y aplicación: (Gutiérrez, 2010).

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Recursos empleados}}$$

Esta fórmula se desglosa dos formas de medir la productividad: **Productividad de un solo factor o Productividad parcial** donde se emplea el uso de un único recurso de entrada para la obtención de la productividad: (Render & Heizer, 2007).

$$\text{Productividad Parcial} = \frac{\text{Salida Total}}{\text{Una entrada}}$$

Donde la unidad de recurso empleado es: mano de obra o material o energía o capital), **productividad de factor total** hace uso de todas las unidades de entrada utilizados por el sistema: Mano de obra, materiales, capital, energía, otros: (Render & Heizer, 2007).

$$\text{Productividad Total} = \frac{\text{Salida Total}}{\text{Mano de obra} + \text{materiales} + \text{capital} + \text{energia} + \text{otros}}$$

La medición productiva total, brinda una información efectiva de los intercambios de los recursos utilizadas en el sistema. (Render & Heizer, 2007). El uso de estos 2 tipos de mediciones de productividad ayuda a la organización a visualizar que tan bien se está produciendo mediante un pre-test y un post- test se logra visualizar la efectividad de Lean.

Otra manera con medir la productividad está directamente relacionada a los recursos empleados como **Eficiencia**. Autores como Cruelles (2013) señala que: “La eficiencia mide la relación entre insumos y producción, busca minimizar el costo de los recursos (hacer bien las cosas). En términos numéricos, es la razón entre la producción real obtenida y la producción estándar esperada” (p.10).

García (2011) lo define como: “la relación entre los recursos programados y los insumos utilizados realmente. El índice de eficiencia expresa el buen uso de los recursos en la producción de un producto en un periodo definido. Eficiencia es hacer las cosas bien” (p.17).

El índice que mide los objetivos logrados es la **Eficacia**, definida por Cruelles (2013) como: “El grado en el que se logran los objetivos. Se identifica con el logro de las metas (hacer las cosas correctas) (p.11).

García (2011) define la eficacia como: “La relación entre los productos logrados y las metas que se tiene fijadas. El índice de eficacia expresa el buen resultado de la realización de un producto en un periodo definido” (p.17).

$$\text{Productividad} = \text{Eficiencia} \times \text{Eficacia}$$

$$\frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Tiempo Total}} = \frac{\text{Tiempo Real}}{\text{Tiempo Programado}} \times \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Producción Programada}}$$

## **1.4 Formulación del problema**

Sobre la base de realidad problemática presentada se planteó los siguientes problemas de investigación:

### **1.4.1 Problema general**

- ¿En qué medida la aplicación de Lean Manufacturing aumenta la productividad del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018?

### **1.4.2 Problemas específicos**

- ¿En qué medida la aplicación de Lean Manufacturing aumenta la eficiencia del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018?
- ¿En qué medida la aplicación de Lean Manufacturing aumenta la eficacia del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018?

## **1.5 Justificación del estudio**

### **1.5.1 Justificación metodológica**

Bernal (2010) indicó que: “En investigación científica, la justificación metodológica del estudio se da cuando el proyecto que se va a realizar propone un nuevo método o una nueva estrategia para generar conocimiento válido y confiable” (p. 106).

El presente trabajo de investigación servirá como fuente de referencia a otros investigadores, encontrando información sobre Lean Manufacturing y cómo aplicarla en el rubro metalmecánico. Una vez demostrada su autenticidad podrá ser empleada en otros trabajos de investigación.

### **1.5.2 Justificación Práctica**

Bernal (2010) indicó que: “Se considera que una investigación tiene justificación practica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o por lo menos propone estrategias que al aplicarse contribuirían a resolverlo” (p. 106).

El desarrollo del presente trabajo de investigación tiene justificación práctica, porque existe una necesidad de aplicar las herramientas Lean Manufacturing para eliminar o por lo menos reducir los desperdicios, mejorando la productividad en la empresa E y C Metalikas S.A.C.

### **1.5.3 Justificación económica**

El desarrollo del presente trabajo de investigación, tiene justificación económica, pues la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing mejora la productividad reduciendo los costos operativos de producción, obteniendo una mayor utilidad para la empresa, lo cual debe considerarse como un factor determinante para implementar la Metodología Lean Manufacturing.

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis general**

- La aplicación de Lean Manufacturing aumenta la productividad del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018.

### **1.6.2 Hipótesis específicas**

- La aplicación de Lean Manufacturing aumenta la eficiencia del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018.
- La aplicación de Lean Manufacturing aumenta la eficacia del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo general**

- Determinar en qué medida la aplicación de Lean Manufacturing aumenta la productividad del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018.

### **1.7.2 Objetivos específicos**

- Determinar en qué medida la aplicación de Lean Manufacturing aumenta la eficiencia del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. - 2018.
- Determinar en qué medida la aplicación de Lean Manufacturing aumenta la eficiencia del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018.

## **II. MÉTODO**

## 2.1 Tipo de estudio

De acuerdo a su contrastación: **Experimental** ya que modifica la gestión productiva con los principios y herramientas Lean Manufacturing, para disminuir sus desperdicios y con ello aumentar la productividad del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018.

Bernal (2010) indicó que: “Un experimento es un proceso planificado de investigar en el que al menos una variable (llamada experimental o independiente) es manipulada u operada intencionalmente por el investigador para conocer qué efectos produce ésta en al menos otra variable llamada dependiente” (p. 118).

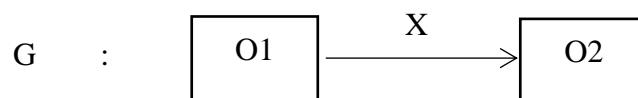
De acuerdo a su finalidad: **Aplicado**, porque busca aplicar los conocimientos de la metodología de Lean Manufacturing, para dar solución a los problemas que afectan la productividad de la empresa en E y C Metalikas S.A.C.

Bernal (2010) indicó que: “Si en una investigación se proponen nuevos paradigmas o se hace una reflexión epistemológica, se tiene una justificación eminentemente teórica, aunque al implementarla se vuelve práctica, [...] toda investigación en alguna medida tiene la doble implicación, teórica y práctica” (p. 106).

## 2.2 Diseño de la investigación

Hernández, Fernández & Baptista (2014) explicaron que: “Los diseños Cuasi Experimentales, los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están conformados antes del experimento: son grupos intactos” (p. 151).

El diseño del presente trabajo de investigación es Cuasi Experimental ya que se experimenta con un solo grupo predeterminado. Mide la productividad antes y después de la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing.



Donde:

- O 1 = Medición Previa - Productividad inicial.
- O 2 = Medición Posterior - Productividad después.
- X = Variable Independiente - Herramientas Lean Manufacturing.

## 2.3 Variables, operacionalización

### 2.3.1 Variables

#### Variable Independiente: Cuantitativa – Lean Manufacturing

Fidias (2012) explicó que: “Las variables independientes son las causas que generan y explican los cambios en la variable dependiente. En los diseños Experimentales la variable independiente el tratamiento que se aplica y manipula un grupo experimental” (p. 59).

La Variable independiente Cuantitativa - Lean Manufacturing aplicada en un sistema de producción desarrollada en Japón que significa: ágil o flexible, cuyo objetivo es la eliminación del despilfarro, mediante un conjunto de herramientas que otorga Lean Manufacturing que a su vez constituyen una herramienta comprobada de mejora continua. (Cuatrecasas, 2012). Medido a través de las siguientes dimensiones:

- Dimensión 1: VSM

Indicador: Tiempo de Procesamiento

Formula:

$$TCT = \sum TC$$

TCT: Tiempo de ciclo total

TC: Tiempo de ciclo

- Dimensión 2: Manufactura Celular

Indicador: Balance del operador

Formula:

$$\# \text{ Operadores necesarios} = \frac{TCT}{\text{Tak Time}}$$

TCT: Tiempo de ciclo total

TD: Ritmo de producción

- Dimensión 3: Kanban

Indicador: Número de Kanban

Formula:



$$\# \text{ Kanban} = \frac{LT}{TT \times TL} + FS$$

LT: Lead time

TT: Tiempo takt

TL: Tamaño de lote

FS: Factor de seguridad

### **Variable Dependiente: Cuantitativa - Productividad.**

Hernández, Fernández & Baptista (2010) explicaron que: “La variable dependiente no se manipula, si no se mide para ver el efecto que la manipulación de la variable independiente tiene ella” (p. 123).

La variable dependiente Cuantitativa- Productividad está directamente relacionado a los resultados obtenidos en un proceso, por lo que el éxito de los resultados se reflejan en un incremento de la productividad con relación a los recursos empleados, es decir la productividad se calcula mediante los resultados obtenidos entre los recursos empleados, estos resultados pueden calcularse en unidades producidas, piezas vendidas, o por utilidades entre otras. Los recursos empleados se mide por cantidad de trabajadores, horas – máquina y el tiempo absoluto empleado, etc. (Gutiérrez, 2010).

$$\text{Productividad} = \text{Eficiencia} \times \text{Eficacia}$$

- Dimensione 1: Eficiencia

Relación entre los resultados alcanzados y recursos utilizados

Indicador: Índice de tiempo de producción

Formula:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo Real}}{\text{Tiempo Programado}} \times 100$$

- Dimensión 2: Eficacia

Grado en que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados programados

Indicador: Índice de elementos producidos

Formula:

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Produccion Real}}{\text{Producción Programada}} \times 100$$

### 2.3.2 Operacionalización de las variables

Tabla 3  
Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
LEAN MANUFACTURING	Socconini (2009) define Lean Manufacturing como “un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos (...) Es el esfuerzo incansable y continuo para crear empresas más efectivas, innovadoras y eficientes” (p.11).	Medido a través de:	VALUE STREAM MAP	<b>TIEMPO DE PROCESAMIENTO</b>  $TCT = \sum TC$  TCT: Tiempo de ciclo total TC: Tiempo de ciclo	ESCALAR
			MANUFACTURA CELULAR	<b>BALANCEO DE NÚMERO DE OPERADORES EN EL PROCESO</b>  $\# \text{ Operadores necesarios} = \frac{TCT}{\text{Tak Time}}$  TCT: Tiempo de ciclo total TD: Ritmo de producción	RAZÓN
			KANBAN	<b>NUMERO DE TARJETAS KANBAN</b>  $\# \text{ Kanban} = \frac{LT}{TT \times TL} + FS$  LT : Lead time TT: Tiempo takt TL : Tamaño de lote FS : Factor de seguridad	RAZÓN
PRODUCTIVIDAD	Cruelles (2013) señala que: La productividad es un ratio que mide el grado de aprovechamiento de los factores que influyen a la hora de realizar un producto; se hace entonces necesario el control de la productividad, cuanto mayor sea la productividad de nuestra empresa, menores serán los costos de producción y, por lo tanto, aumentara nuestra competitividad dentro del mercado” (p.10).	Medido a través de:	EFICIENCIA	<b>ÍNDICE DE TIEMPO DE PRODUCCIÓN</b>  $\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo Real}}{\text{Tiempo Programado}} \times 100$	RAZÓN
			EFICACIA	<b>ÍNDICE DE ELEMENTOS PRODUCIDOS</b>  $\text{Eficacia} = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Producción Programada}} \times 100$	RAZÓN

Fuente: Elaboración Propia

## **2.4 Población y muestra**

### **2.4.1 Población**

Según Jany (1994), citado por Bernal (2010), define la población como: “La totalidad de elementos o individuos que tienen ciertas características similares y sobre las cuales se desea hacer inferencia” (p. 48); o bien, unidad de análisis.

La población u objeto de estudio está constituida por todos los procesos de producción para la fabricación de estructuras metálicas, realizados en una semana, en un periodo de recolección de datos de 12 semanas pre – test de mayo del 2018 a julio del 2018 y pos – test de septiembre del 2018 a noviembre del 2018, Obteniendo la variación porcentual de la productividad en un periodo total de 24 semanas de estudio.

### **2.4.2 Muestra**

Hernández citado por Castro (2003) indica que: “Si la población es menor a cincuenta individuos, entonces la muestra es igual a la población” (p. 69).

Po lo tanto la muestra del presente trabajo de investigación será igual a la población de estudio.

### **2.4.3 Unidad de análisis**

La unidad de análisis del cual se obtiene la información es una semana de producción, en un periodo total de 24 semanas.

## **2.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

- Para analizar las posibles oportunidades de mejora con el VSM se procede en primera instancia a definir la familia de productos, se recurre a la técnica de la **revisión documentaria** de los registros de producción y los diagramas de procesos, con los cuales se define los procesos por lo que pasan los productos, registrándolos en una matriz de productos – procesos, eligiendo la familia de productos que coincidan en

un 70 % con los procesos. De la familia de productos se elige el más representativo que será objeto de estudio de análisis y mejora.

- Mediante la técnica de **observación directa** y trabajo de campo, se procede al análisis de los procesos desglosándolas en actividades tomando sus tiempos con un cronómetro; registrándolos en los formatos de Diagrama de Análisis de Procesos (Anexo C: Instrumento 1) y Estudio de Tiempos (Anexo C: Instrumento 2, Instrumento 3) para determinar el tiempo estándar de las actividades y del cambio de utillaje si lo hubiese, cuyo información alimenta la caja de procesos del Mapa de Cadena de valor (VSM).
- Seguido se emplea la técnica de **revisión documentaria** sobre la confiabilidad de la maquinaria y equipos reportados por el área de mantenimiento, los registros de la demanda del cliente y la disponibilidad de tiempo, disponibilidad de operarios, inventarios en proceso, registros de fallas de calidad entre otros reportados en el área producción; obteniendo con ello el Takt time, Lead time y el tiempo de valor agregado. Mediante la técnica de análisis de la información precedente se procede a diseñar el VSM actual (Anexo C: Instrumento 5) con cuya información se procede a diseñar las mejoras a implantar, registrándolo en el VSM futuro.
- De acuerdo a la realidad problemática se estima que las mejoras que saldrán en el VSM futuro entre otras serán la implementación de la herramienta Manufactura Celular, balanceando las cargas y tiempos de operación en los procesos que se requieran más de un operario, logrando equilibrar la producción trabajando igual o menor al tiempo que se requiere producir un elemento impuesto por la demanda (Tak Time) logrando eliminar el desperdicio de tiempos muertos por espera de un proceso a otro. Paso siguiente mediante la técnica de observación directa se procede a identificar oportunidades de mejora, uniendo los procesos donde sea posible y que puedan trabajar sin generar inventarios intermedios generando mejor flujo de procesamiento de fabricación de estructuras metálicas.
- La implementación de Supermercados o Kanban convertiremos un sistema Push en un sistema Pull, haciendo que el cliente jale sus productos de esta manera se producirá solo lo que el cliente necesite de manera continua. Las tarjetas Kanban funcionan como la voz del producto que es retirado o solicitado por el cliente, para luego generar una orden de trabajo indicando lo que se va a producir; empleando como instrumentos las tarjetas Kanban en el proceso, y Kanban de retiro. Estos

Kanban solucionarían tiempos muertos por desinformación, especificación, modelo, cantidad, secuencia de procesos.

## 2.6 Métodos de análisis de datos

Para un estudio de **análisis descriptivo** se tabula los datos de las variables en tablas de contingencia analizando sus promedios y porcentajes de participación, representándolos según sea su necesidad en gráficas de barras o pastel.

Hernández *et al.* (2014) indican: “El propósito de la estadística inferencial es permitir la prueba de hipótesis.” (p.299).

A nivel **inferencial** se procede a probar la normalidad de los datos de productividad, eficiencia y eficacia, antes y después con la prueba de Shapiro Wilk, de acuerdo a los resultados se usa la prueba de Wilcoxon (comportamiento no normal) o T-student (comportamiento normal).

## 2.7 Aspectos éticos

El investigador se compromete con la investigación bajo los principios éticos de confiabilidad y veracidad con relación a la información y los resultados obtenidos en la empresa en cuestión, además del respeto a la identidad de los sujetos involucrados en el estudio, guardando discreción de la información obtenida por parte de ellos.

# **III. DESARROLLO**

### 3.1 Generalidades de la empresa

E y C METALIKAS S.A.C. es una empresa del rubro metalmeccánico con N° de ruc 20387418882, inicia sus actividades en el año 1998. Actualmente está dedicada a la fabricación, montaje y suministro de estructuras metálicas en acero, brindando servicios de calidad en proyectos Mineros e Industriales a nivel Nacional. Cuenta con una planta de producción ubicado en el distrito de San Juan de Lurigancho en la Av. El Bosque 668, además de contar con una sede principal donde se realizan las gestiones de soporte (administrativa) ubicada en la calle Jorge Isaac N° 128 en el distrito de Surquillo.

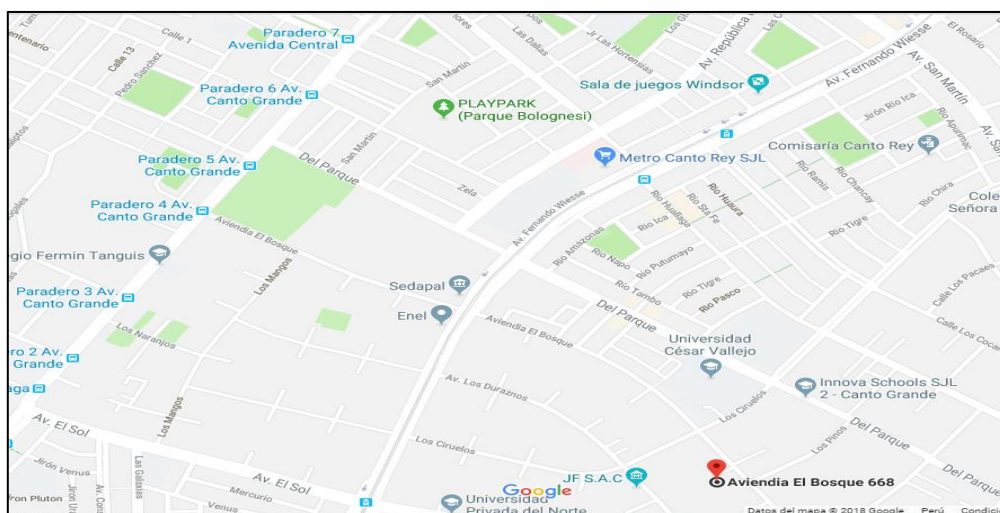
La empresa E y C Metalikas S.A.C. se ha embarcado en la tarea de mejorar constantemente sus productos y servicio. Actualmente cuenta con certificaciones en ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001, y con ello garantizar la confiabilidad y la permanecía de los clientes en el área de servicios de construcción en acero.

Razón social: E y C METALIKAS SOCIEDAD ANONIMA CERRADA.

Sector: Metalmeccánica.

Página Web: <http://www.metalikas.com>

Localización Planta Principal: Av. El bosque 668 – Canto Grande - San Juan de Lurigancho.



*Figura 3. Localización Geográfica, E y C Metalikas S.A.C., 2018*

Fuente: Google Maps

## **Misión**

Satisfacer plenamente a nuestros clientes, brindando soluciones para sus proyectos, con un servicio de alto nivel, basado en el desarrollo de una cultura de calidad a través de las personas que permitan el mejoramiento continuo de nuestros procesos.

## **Visión**

Ser un departamento modelo, que este siempre a la vanguardia, reconocidos a nivel nacional e internacional. Por nuestro nivel de EXCELENCIA y COMPETENCIA, en investigación y desarrollo de estructuras metálicas, para la industria en general, considerados como aliados ideales en la ejecución de proyectos y desarrollo del país.

## **Compromisos:**

- Diseñar y fabricar con estándares internacionales.
- Entrega de nuestros productos en la fecha establecida con el cliente.
- Identificar y evaluar los factores que influyen en la obtención de logros planificados por la organización y el Sistema de Gestión de Calidad.
- Mejorar continuamente el desempeño de nuestros procesos.
- Cumplir los requisitos del cliente, normas legales vigentes y reglamentos internos.
- Brindar un servicio enfocado en la satisfacción del cliente.
- Comunicar, consultar y fomentar la participación activa de los trabajadores en el Sistema Integrado de Gestión.
- Mantener un ambiente de trabajo con riesgos gestionados y prevención de enfermedades ocupacionales para todos los trabajadores.
- Alcanzar los valores y metas de los objetivos establecidos.



## Organigrama Institucional

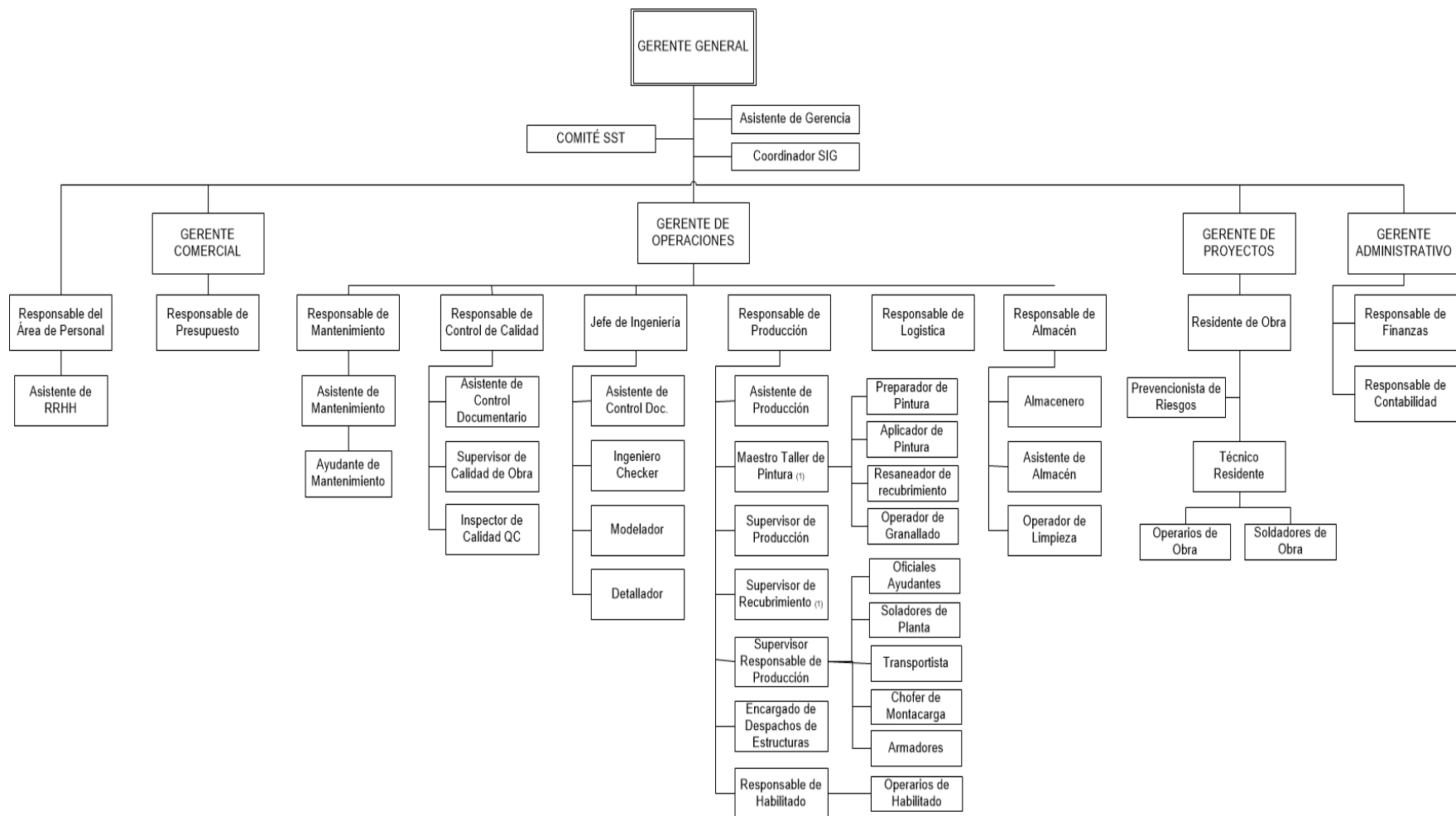


Figura 4. Diagrama Institucional, E y C Metalikas S.A.C., 2018

Fuente: E y C Metalikas S.A.C

[illegible]

Fuente: E y C Metalikas S.A.C.

## Mapa de procesos

La empresa E y C Metalikas S.A.C., cuenta con 3 procesos internos para su funcionamiento, las cuales se visualiza en el figura 10, las cuales son procesos operativos, procesos estratégicos y procesos de soporte.

En los procesos de tipo estratégicos de la empresa E y C Metalikas S.A.C. hace referencia al planeamiento estratégico y al SIG (Sistema Integral de Gestión).

Los procesos operativos, se da inicio con el área comercial y los presupuestos; pasando por el área de ingeniería donde realiza las definiciones técnicas y su respectivo diseño y desarrollo; proceso seguido se comienza la producción de las estructuras metálicas pasando por el área de producción, calidad, obra y montaje.

Los procesos de soporte, constituido por las áreas de RRHH, mantenimiento y logística.

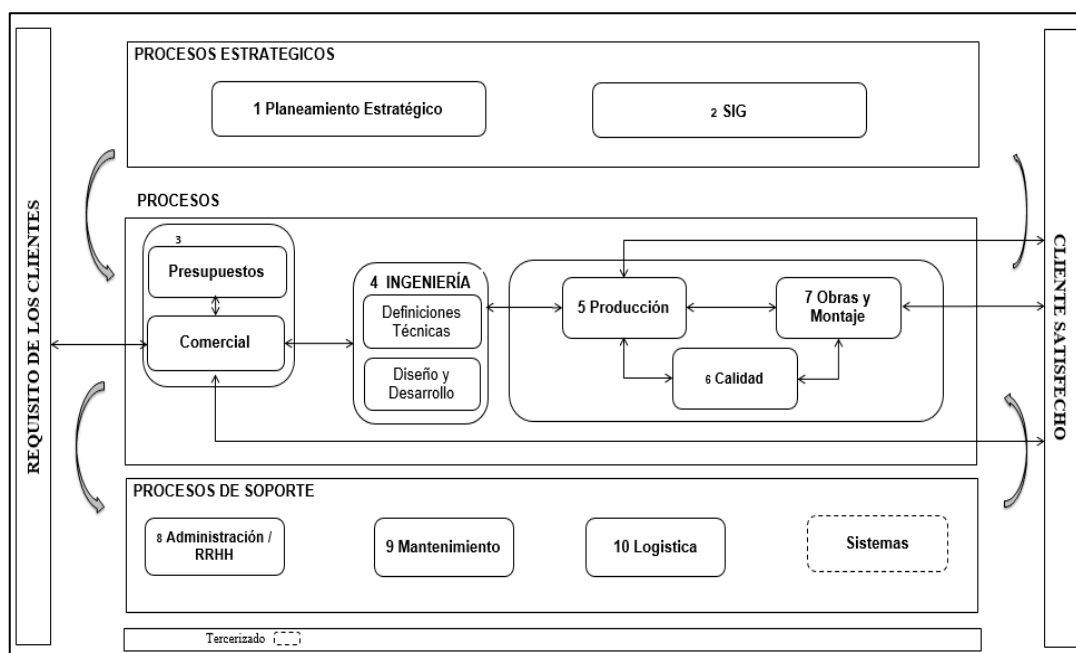


Figura 6. Mapa de Procesos, E y C Metalikas S.A.C., 2018

Fuente: E y C Metalikas S.A.C.

## Diagrama de flujo de atención O/T's

En la figura 7, se detalla los procesos que se requieren para atender una orden de trabajo desde que el cliente jala su orden producción de estructuras metálicas para su satisfacción. Esta representación, gráfica del diagrama de flujo de una OT; da una visión clara del

funcionamiento y atención de una orden de trabajo facilitando la comprensión de la secuencia de proceso.

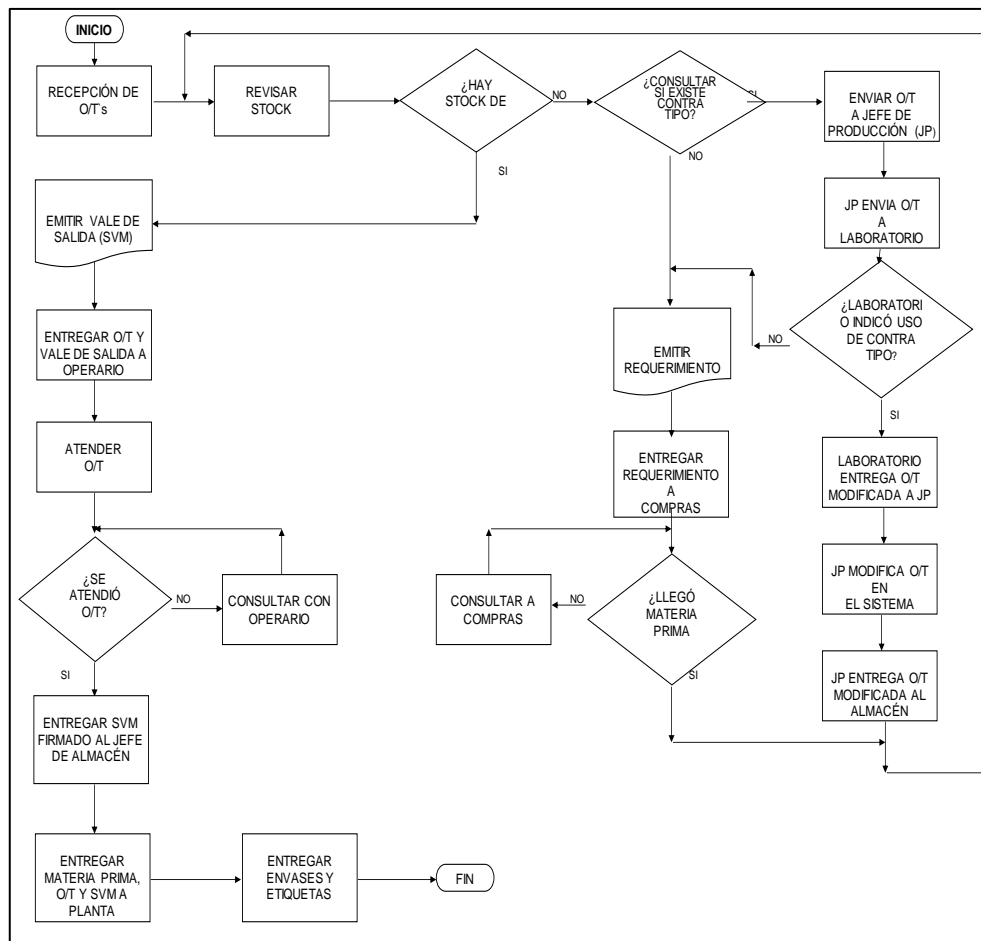



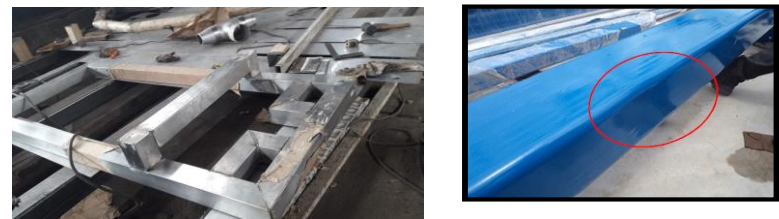



Figura 7. Atención de una OT, E y C Metalikas S.A.C., 2018

Fuente: E y C Metalikas S.A.C.

## Productos de la Empresa

E y C Metalikas S.A.C. produce elementos estructurales derivados del acero con características ajustadas al perfil comercial solicitado por el cliente. La empresa trabaja con perfiles estructurales de tipo, por ejemplo vigas, columnas, limones, diagonales, conos, tubos, etc. (tabla 6) como elementos estructurales terminados, para su posterior montaje. E y C Metalikas S.A.C. trabaja bajo la producción llave en mano.

Tabla 4  
 Productos más Comerciales de E y C Metalikas S.A.C.

Elementos Estructurales de E y C Metalikas S.A.C	
Descripción	Grafico
Viga Tipo H Viga Tipo C, Tipo Cuadrado	
Tubo Cuadrado	
Rolados	
Columna	
Diagonales	

Fuente: E y C Metalikas S.A.C.

La elección del producto a analizar está formada por las actividades de fabricación de estructuras metálicas del producto Viga tipo H, por pertenecer a la familia de perfil de laminados que representan los de mayor demanda (30%) y además emplean el 78% de los subprocesos de producción. Esto es resultado de la aplicación de la tabla matriz, productos – procesos que otorga la herramienta de VSM determinado en la tabla 19.

### **Descripción del proceso productivo del elemento viga tipo H**

La empresa cuenta con 7 áreas de estructurado donde se realizan la conversión de la materia prima a elementos estructurales metálicas enfocados a los objetivos de la empresa de E y C Metalikas S.A.C.

En lo que respecta a la fabricación de elementos en acero, donde se realizan los siguientes procesos para la elaboración de la viga tipo H perteneciente a la familia de perfil de laminados:

- Área de Habilitado: En esta etapa se realiza un análisis, antes de cortar la materia prima ya que se usara dos tipos de aceros con espesor distintos, que conformaran la ala y el alma (partes de las vigas tipo H). luego se procede al corte a medida con oxicorte.
- Área de estructurado: Es aquí donde se realiza la mayor parte de la presentación y armado de la viga tipo H para ser liberado y entregado a su destino final.

Paso 1: Recepción y limpieza con esmeril de la materia, el proceso de limpieza se realiza con la finalidad de mantener lizo y uniforme los bordes para un mejor soldado.

Paso 2: Ensamblado 1 - Armado y apuntalado, esta operación consiste en la presentación de la viga antes de su ensamblado final, en esta etapa el armado y apuntalado lo realiza dos personas. Una persona junta de manera manual el alma con el ala izquierda y otra realiza el proceso de apuntalado (pequeños puntos de soldadura para evitar el despegue) simultáneamente.

Paso 3: Soldar el ala derecha con el alma (ambas caras), proceso realizado para unir el alma con el ala derecha, este proceso utiliza el arco sumergido (arena caliente) para un mejor soldeo de la viga.

Paso 4: Ensamblado 2 - Armado y apuntalado, este segundo ensamblado se hace una presentación del alma con el ala izquierda, de igual forma se realiza puntos de soldadura para evitar el despegue durante la soldadura con arco sumergido.

Paso 5: Soldar el ala izquierda con el alma (ambas caras). De igual forma es el proceso realizado para la unión del alma y ala izquierda, este proceso se realiza con arco sumergido (arena caliente) para un mejor soldeo de la viga.

Paso 6: Enderezamiento del ala. Es la operación que consiste en enderezar el ala con las alas derecha e izquierda. La utilización de arena caliente hace que las propiedades del acero se alteren generando una ligera desviación por lo que es necesario enderezar el ala con las alas de tal manera que el ángulo formado entre ala y alma sea de 90°.

Paso 7: Codificar, esta operación consiste en destinarle un código al elemento fabricado para tener un control de lo que se produce y se despacha.

- Almacenamiento, el elemento terminado es almacenado mediante puente grúa o montacargas para su despacho final.

## Diagrama de operaciones

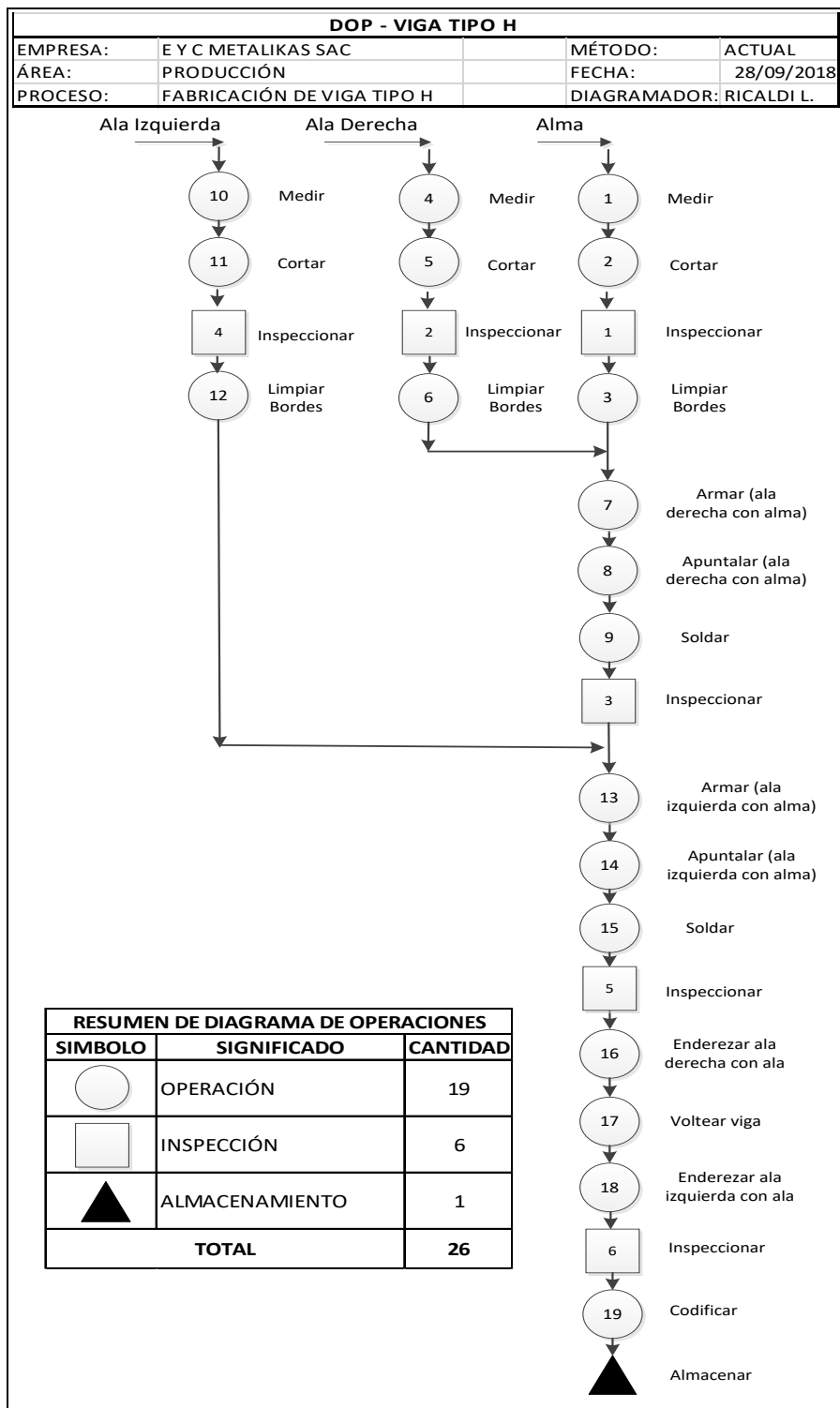


Figura 8. Diagrama de operaciones del Proceso de Producción del Elemento Viga Tipo H

Fuente: Elaboración Propia



En la figura 8, se observa el proceso de fabricación del elemento Viga tipo H, desde la medición y corte del acero hasta su almacenamiento. Se visualiza en total 26 actividades, de las cuales 19 son operaciones, 6 inspecciones, y 1 almacenamiento, que es el almacenamiento del acero transformado Viga tipo H.

### Cursograma Analítico del elemento Viga Tipo H

Tabla 5

Cursograma Analítico del Proceso de Fabricación del elemento Viga Tipo H

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESOS										
E Y C METALIKAS S.A.C.			MÉTODO		ACTIVIDAD		PRE TEST	POST TEST		
			PRE TEST	POST TEST	Operación	○	16			
Área de trabajo	Planta de E y C Metalikas S.A.C		Empieza:		Transporte	⇒	3			
Actividades:	Producción		Termina:		Inspección	□	5			
Producto	Estructura Metálica Viga tipo H				Espera	D	7			
Lugar:	Planta de Producción				Almacén	▽	2			
					Total		33			
Elaborado por:	Luis Angel Ricaldi Poma		Fecha de elaboración	Sep - 30	Tiempo		420.3578788			
Aprobado por:					M. Obra					
Proceso	N°	Descripción de Actividades	Símbolo					TIEMPO	AGREGACION DE VALOR	
			Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenaje		SI	NO
CORTE	1	Materia prima					x		x	
	2	Verificación del acero ( materia prima)			x			1.98	x	
	3	Calibrar maquina oxicorte	x					2.09	x	
	4	Cortar con maquina oxicorte	x					29.99	x	
	5	Inspección			x			1.48	x	
	6	Traslado al área de estructurado		x				2.33	x	
LIMPIEZA	7	Espera				x		1.42		x
	8	Preparar Esmeril y Maquina de soldar	x					1.43	x	
	9	Limpieza de bordes con esmeril	x					7.42	x	
ENSAMBLADO 1	10	Espera				x		1.48		x
	11	Armado y apuntalado de alma con ala derecha	x					123.57	x	
SOLDADURA 1	12	Espera				x		1.45		x
	13	Preparar maquina arco sumergido	x					2.28	x	
	14	Soldado con arco sumergido	x					40.75	x	
	15	Inspección			x			1.43	x	
ENSAMBLADO 2	16	Espera				x		1.43		x
	17	Armado y apuntalado de alma con ala izquierda	x					123.82	x	
SOLDADURA 2	18	Espera				x		1.45		x
	19	Preparar maquina arco sumergido	x					2.24	x	
	20	Soldado con arco sumergido	x					43.13	x	
	21	Inspección			x			1.44	x	
RECTIFICADO	22	Espera				x		1.44		x
	23	Traslado a maquina rectificadora		x				1.96	x	
	24	Calibrado de maquina	x					0.94	x	
	25	Enderezado de ala derecha con alma	x					5.52	x	
	26	Voltear viga	x					1.42	x	
	27	Enderezado de ala izquierda con alma	x					5.61	x	
	28	Inspección			x			1.44	x	
	29	Traslado a maquina codificadora		x				1.52	x	
CODIFICAR	30	Espera				x		1.93		x
	31	Programa codificadora	x					0.99	x	
	32	Codificar	x					2.87	x	
ALMACENADO	33	Almacenado					x	2.15	x	
TOTAL			16	3	5	7	2	420.36	26	7

Fuente: E y C Metalikas S.A.C

En la tabla 5, diagrama de análisis de procesos se muestra las actividades desglosadas en elementos para la producción de la viga tipo H de la familia de perfil de laminados, además de tener los tiempos de cada actividad obtenidos del estudio de tiempos, el cual se tiene 30 elementos o sub tareas, conformadas por 16 operaciones, 3 transportes, 5 inspecciones, 7 demoras y 2 almacenamientos. Todo el proceso se realiza en 420.4 minutos. Además del diagrama de análisis de los procesos se hallara el porcentaje de las actividades productivas e improductivas.

$$\text{Actividades Productivas} = \frac{\Sigma \text{Actividades Productivas}}{\Sigma \text{Total de Actividades}} \times 100$$

$$\text{Actividades Productivas} = \frac{26}{33} \times 100 = 78.79\%$$

En la fórmula de Actividades Productivas que nos otorga el diagrama de análisis de procesos. El proceso de producción de la Viga tipo H de la familia de perfil de laminados tiene un 78.79% de actividades que agregan valor al proceso de producción.

$$\text{Actividades Improductivas} = \frac{\Sigma \text{Actividades Improductivas}}{\Sigma \text{Total de Actividades}} \times 100$$

$$\text{Actividades Improductivas} = \frac{7}{33} \times 100 = 21.21\%$$

### **3.2 Recolección de datos Pre Test**

#### **Variable Independiente – Lean Manufacturing**

En esta etapa de investigación se analizaran los datos Pre Test en un periodo de 12 semanas de estudio, desde 01 Mayo del 2018 hasta 17 Julio del 2018, el cual se obtendrá todas las mediciones correspondientes.

#### **Dimensión 1: Value Stream Map**

#### **Indicador: Tiempo de Procesamiento Pre Test**

## Value Stream Mapa actual

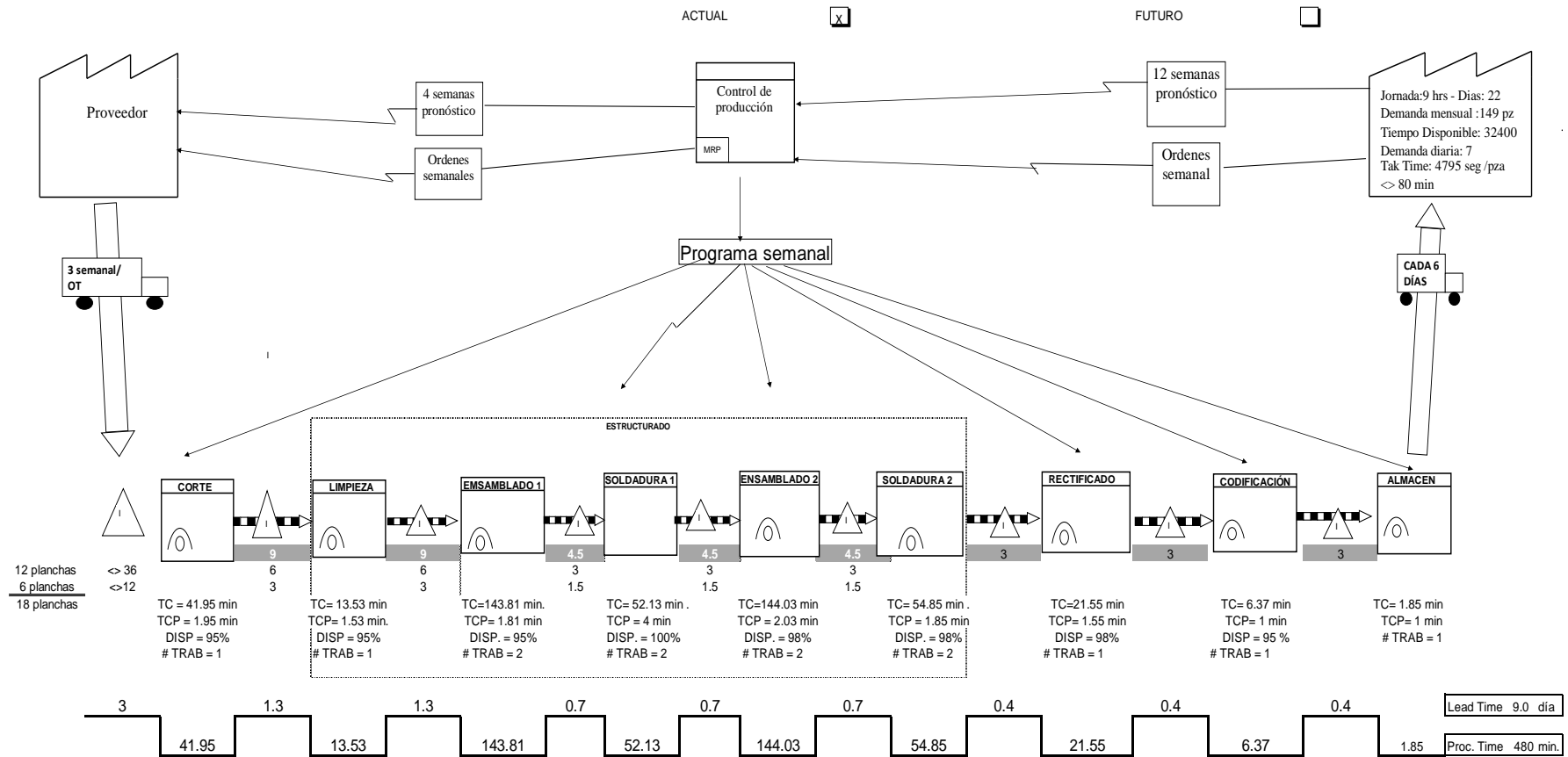


Figura 9. Value Stream Map Actual

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 9, Se diagramo el mapa de valor (Pre Test), en el cual se visualiza todos los procesos con sus características desde que el cliente genera el pedido hasta su embarque y entrega del elemento Viga tipo H.

A partir del estudio de tiempos se halló los tiempos de procesamiento individual y total Pre Test. Además se obtuvo el tiempo Lead, que es tiempo que el cliente espera por su producto.

Tabla 6  
*Tiempos de Ciclo Individual y Total Pre Test*

Descripción	Tiempo (min)	Tiempo (seg)	Takt Time
Cortar plancha	41.95	2517	4795
Limpiar bordes	13.53	811.8	4795
Ensamblado 1	143.81	8628.6	4795
Soldadura 1	52.13	3127.8	4795
Ensamblado 2	144.03	8641.8	4795
Soldadura 2	54.85	3291	4795
Rectificado	21.55	1293	4795
Codificar	6.37	382.2	4795
Almacenado	1.85	111	4795
<b>Tiempo de procesamiento</b>	<b>480.07</b>	<b>28804.2</b>	<b>4795</b>

Fuente: Figura 9, VSM Actual

Tabla 7  
*Tabla Resumen VSM Pre Test*

Descripción	Resultados Pre Test
Número de operadores	9
Led time (días)	9 días con 480.7 min.
Inventario en proceso (días)	6
<b>Tiempo de procesamiento</b>	<b>480.7 min.</b>

Fuente: Figura 9, VSM Actual

El mapa de valor Pre Test (Figura 9), el proceso productivo de la fabricación del elemento Viga tipo H, tiene un tiempo de procesamiento de 408.7 minutos de una jornada laboral de 9 horas (disponibilidad del operario).

## Dimensión 2: Manufactura Celular

### Indicador: Balance del operador Pre Test

El balance del operador está relacionado con el número de personas necesarias y la disponibilidad que tiene para realizar una operación o actividad productiva de inicio a fin para llevarlo a la siguiente operación o actividad con relación al Tak Time (ritmo de la producción), que es el tiempo que debe producir una operación o actividad para satisfacer la demanda del cliente.

Este indicador, muestra las personas que se requieren para tener la línea trabajando para producir un elemento viga tipo H, para ello se realiza un Pre Test donde se detalla las operaciones, los operarios, los tiempos de ciclo individuales y la relación que guarda con el Tak Time para poder determinar el número de trabajadores en un Post Test.

Tabla 8  
*Balance de Número de Operadores en el Proceso Pre Test*

Tabla de Balance del operador Pre Test				
Operación	Operador	Descripción	Tiempo en Seg.	Takt Time
1	A	Cortar plancha	2517	4795
2	B	Limpiar bordes	811.8	4795
3	C Y D	Ensamblado 1	8628.6	4795
4	E Y F	Soldadura 1	3127.8	4795
5	CY D	Ensamblado 2	8641.8	4795
6	E Y F	soldadura 2	3291	4795
7	G	Rectificado	1293	4795
8	H	Codificar	382.2	4795
9	I	Almacenado	111	4795
<b>9 operaciones 9 operarios</b>			<b>28804.2</b>	<b>4795</b>

Fuente: Elaboración Propia

La tabla de Balance del Operador Pre Test muestra que se requieren 9 personas trabajando de manera simultánea en las 9 actividades productivas para la fabricación del elemento Viga Tipo H. Además muestra un desbalance en los tiempos de ejecución de las operaciones con relación al Tak Time (ritmo de producción impuesto por la disponibilidad del operario y la cantidad demandada en un turno de trabajo).

### Dimensión 3: Kanban

#### Indicador: Número de Kanban Pre Test

Este tipo de indicador indica el abastecimiento y la producción de elementos o productos de una estación a otra hasta llegar a las manos del cliente.

Un análisis de la cantidad de Kanban requerido por el sistema Pre Test determina cuantas tarjetas Kanban son requeridas para que el sistema funcione de manera fluida.

La siguiente tabla utiliza datos obtenidos en el VSM actual.

Tabla 9  
*Cálculo del Número de Tarjetas Kanban en el Proceso en el Periodo Definido por el Lean Time*

Cálculo de Kanban Pre Test		
Tiempo de entrega (lead time)	5340	min.
Takt time	80	min.
Unidades por kanban	6	piezas
Margen de seguridad	3	piezas
Número de kanbans requeridos	14,1	kanban

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente tabla 9 se determinó que se requieren 13 tarjetas Kanban en un periodo igual al Lead Time (9 días con 480.07 minutos) hallado en el VSM Pre Test.

#### Variable Dependiente – Productividad Pre - Test

Se mide la productividad, eficiencia y eficacia Pre, en un periodo de 12 semanas desde el 01 de mayo del 2018 hasta el 17 de Julio del 2018 para luego implementar las herramientas Lean Manufacturing y ver su efecto en la productividad, eficiencia y eficacia.

Tabla 10  
Productividad Pre Test

Semana	Periodo	Tiempo Logrado - Semanal (horas)	Tiempo Programado (horas)	Eficiencia	Producción Real	Producción Programada	Eficacia	Productividad
1	1/05/2018	32	39	82%	6	9	67%	55%
2	8/05/2018	30	39	77%	5	9	56%	43%
3	15/05/2018	33	39	85%	6	9	67%	56%
4	22/05/2018	31	39	79%	6	9	67%	53%
5	29/05/2018	33	39	85%	7	9	78%	66%
6	5/06/2018	35	39	90%	8	9	89%	80%
7	12/06/2018	35	39	90%	7	9	78%	70%
8	19/06/2018	35	39	90%	7	9	78%	70%
9	26/06/2018	33	39	85%	7	9	78%	66%
10	3/07/2018	34	39	87%	6	9	67%	58%
11	10/07/2018	37	39	95%	8	9	89%	84%
12	17/07/2018	36	39	92%	7	9	78%	72%
Promedio Semanal		34	39	86%	6,7	9	74%	64%

Fuente: Elaboración Propia

### **3.3 Recolección de datos Post Test**

#### **Variable Independiente – Lean Manufacturing**

En esta etapa de investigación se analizarán los datos Post Test en un periodo de 12 semanas de estudio, desde 02 de Septiembre del 2018 hasta 18 de Noviembre del 2018, el cual se obtendrá todas las mediciones correspondientes.

#### **Dimensión 1: Value Stream Map Post Test**

#### **Indicador: Tiempo de Procesamiento Post Test**



## VSM ACTUAL

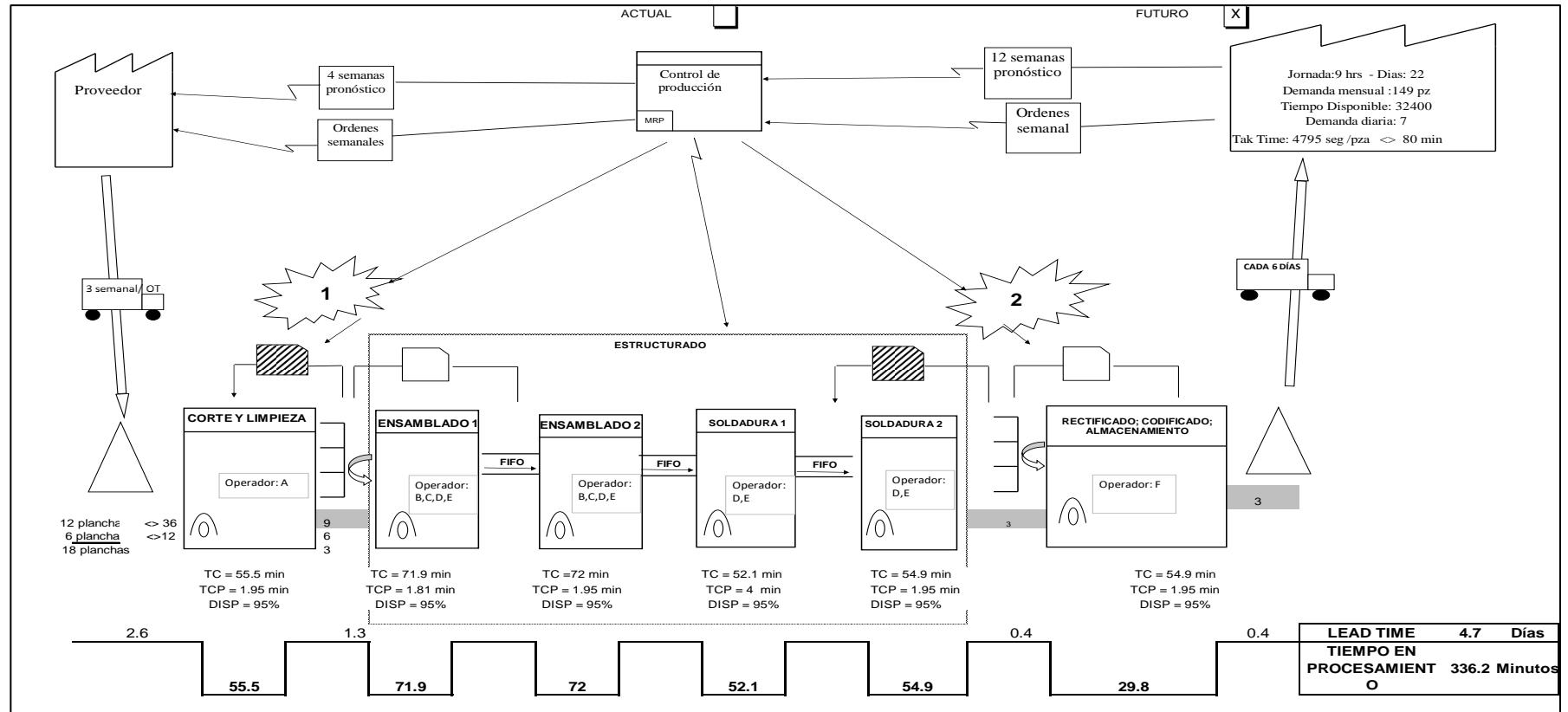


Figura 10. Value Stream Map Post Test

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 10, Se diagramo el mapa de valor (Post Test), en el cual se visualiza todos los procesos con sus características desde que el cliente genera el pedido hasta su embarque y entrega del elemento Viga tipo H.

A partir del estudio de tiempos se halló los tiempos de procesamiento individual y total Post Test. Además se obtuvo el tiempo Lead, que es tiempo que el cliente espera por su producto.

Tabla 11  
*Tiempo de Ciclo Individual y Total Post Test*

Operación	Tiempo (min)	Tiempo en (seg)	Tak Time
1, 2	55.5	3328.8	4795
3	71.9	4794.618834	4795
5	72.0	4320.9	4795
4	52.1	3127.8	4795
3	54.9	3291	4795
7,8,9	29.8	1786.2	4795
<b>Tiempo de procesamiento</b>	<b>336</b>	<b>20649</b>	<b>4795</b>

Fuente: Figura 10, VSM actual

Tabla 12  
*Tabla Resumen VSM Post Test*

Descripción	Resultados Post Test
Número de operadores	6
Led time (días)	4. 7 días con 336 min
Inventario en proceso (días)	2.1
Tiempo de procesamiento	336 min

Fuente: Figura 10, VSM actual

El mapa de valor Post Test, en el proceso productivo para la fabricación del elemento Viga tipo H, tiene un tiempo de procesamiento de 336 minutos de una jornada laboral de 9 horas (disponibilidad del operario).

## Dimensión 2: Manufactura Celular

### Indicador: Balance del Operador Post Test

Tabla 13  
*Balance de Número de Operadores en el proceso Post Test*

Tabla de Balance del operador Post Test					
Operación	Descripción / Procesos unidos	Operador	Tiempo en min.	Tiempo en seg.	Tak Time
1, 2	Cortar y limpiar plancha	A	55.5	3328.8	4795
3	Ensamblado 1	B,C,D,,E	71.9	811.8	4795
5	Ensamblado 2	B,C,D,E	72.0	4320.9	4795
4	Soldadura 1	D,E	52.1	3127.8	4795
6	Soldadura 2	D,E	54.9	3291	4795
7,8,9	Rectificado, codificado, almacenado	F	29.8	1786.2	4795
<b>6 operaciones</b>		<b>6 operarios</b>	<b>336.2</b>	<b>16667</b>	<b>4795</b>

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 13 de Balance del Operador Post Test muestra que se requieren 6 personas trabajando de manera simultánea en las 6 actividades productivas para la fabricación del elemento Viga Tipo H. Además muestra un balance en los tiempos de ejecución de las operaciones menores a Tak Time (ritmo de producción impuesto por la disponibilidad del operario y la cantidad demandada en un turno de trabajo).

## Dimensión 3: Kanban

### Indicador: Número de Kanban Post Test

Este tipo de indicador indica el abastecimiento y la producción de elementos o productos de una estación a otra hasta llegar a las manos del cliente.

Un análisis de la cantidad de Kanban requerido por el sistema Pre Test determina cuantas tarjetas Kanban son requeridas para que el sistema funcione de manera fluida.

La siguiente tabla utiliza datos obtenidos en el VSM actual.

Tabla 14

*Cálculo de Número de Tarjetas Kanban en un periodo igual al Lead Time Post Test*

Cálculo de Kanban Post Test		
Tiempo de entrega (lead time)	2874.2	min.
Takt time	80	min.
Unidades por Kanban	6	piezas
Margen de seguridad	3	piezas
Número de Kanbans requeridos	9.0	Kanban

Fuente: Elaboración Propia

En tabla 14 se determinó que se requieren 9 tarjetas Kanban en un periodo igual al Lead Time (4 días con 336 minutos) hallado en el VSM Post Test.

### **Variable Dependiente – Productividad Post - Test**

Se mide la productividad, eficiencia y eficacia Post, en un periodo de 12 semanas, desde el 02 de septiembre del 2018 hasta el 18 de Noviembre del 2018.

Tabla 15  
Productividad Post Test

Semana	Periodo	Tiempo Logrado - Semanal (horas)	Tiempo Programado (horas)	Eficiencia	Producción Real	Producción Programada	Eficacia	Productividad
1	2/09/2018	36	39	92%	7	9	78%	72%
2	9/09/2018	37	39	95%	8	9	89%	84%
3	16/09/2018	35	39	90%	7	9	78%	70%
4	23/09/2018	36	39	92%	8	9	89%	82%
5	30/09/2018	39	39	100%	9	9	100%	100%
6	7/10/2018	36	39	92%	9	9	100%	92%
7	14/10/2018	37	39	95%	8	9	89%	84%
8	21/10/2018	36	39	92%	8	9	89%	82%
9	28/10/2018	38	39	97%	9	9	100%	97%
10	4/11/2018	36	39	92%	7	9	78%	72%
11	11/11/2018	38	39	97%	9	9	100%	97%
12	18/11/2018	39	39	100%	10	9	111%	111%
Promedio Semanal		37	39	95%	8,3	9	92%	87%

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4 Propuesta de mejora e implementación de las herramientas Lean Manufacturing

#### 3.4.1 Propuesta de Mejora

La propuesta de mejora del presente trabajo de investigación es la aplicación de la metodología Lean Manufacturing debido a su variedad de herramientas enfocados a mejorar la velocidad con la que se produce, mejorar la calidad, minimizar costos y minimizar tiempos de entrega al cliente.

Tabla 16  
*Delimitación de las Metodologías de Excelencia*

Delimitación de las metodologías	
Metodología de Excelencia	Finalidad de la aplicación
Lean Manufacturing	Mejora la velocidad, calidad, costo y entrega. Elimina excesos
Six Sigma	Reduce la variabilidad con relación a los defectos y fallos de la calidad en la producción de un bien
AMEF	Previene problemas.
8 D's	Soluciona problemas

Fuente: Lean Manufacturing paso a paso, Luis Socconini, 2009.

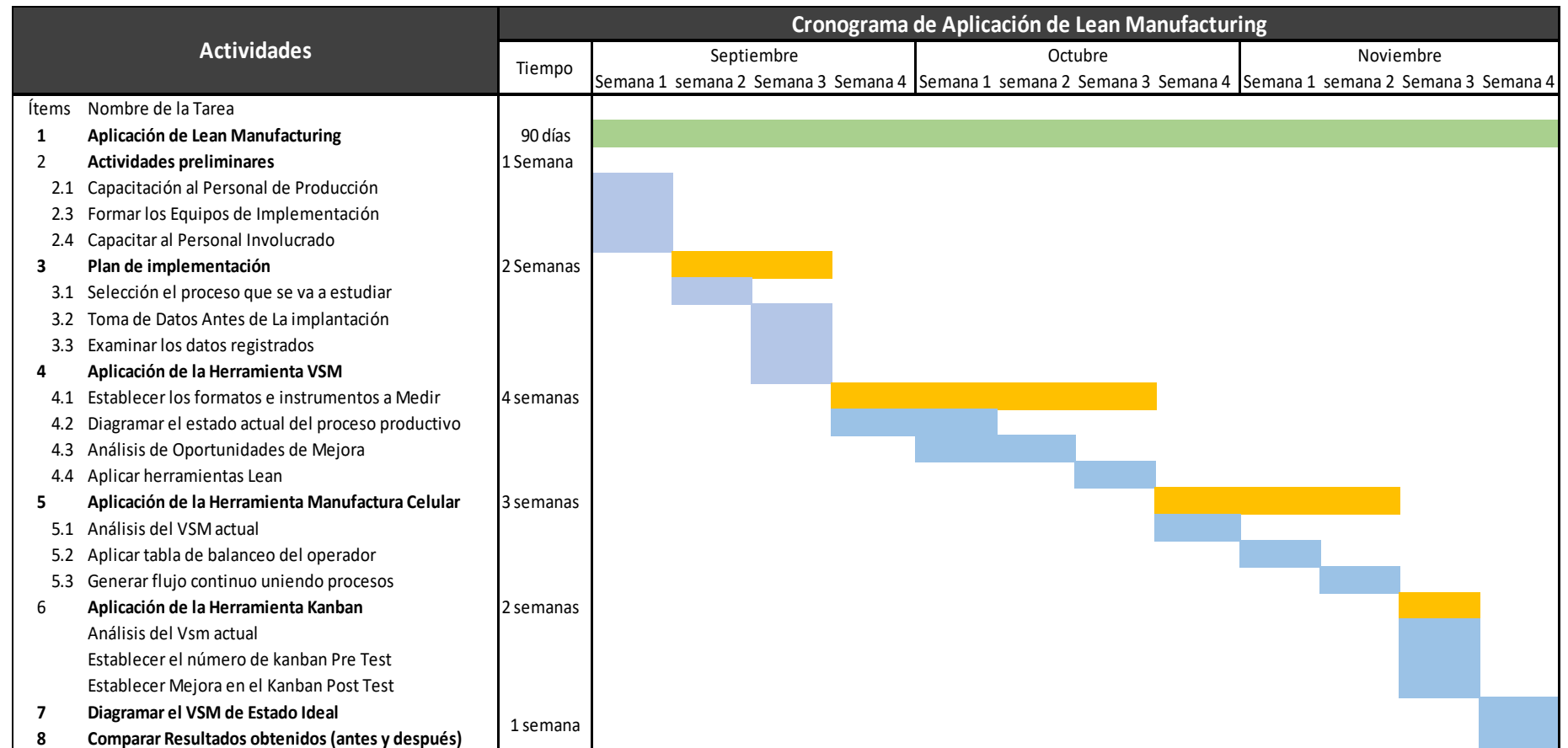
De igual forma en la Tabla 17, se establece las herramientas de Lean Manufacturing a usar, para ello se evaluó las causas de la baja productividad con las herramientas que dan solución o minimizan el impacto en la productividad de la empresa E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018.

Tabla 17  
*Delimitación de las Herramientas Lean*

Delimitación de las herramientas Lean a los problemas presentados							
Causas de la baja productividad	Herramientas Lean Manufacturing						
	5'S	VSM	KANBAN	MANUFACTURA CELULAR	DISEÑO LAYOUT	TPM	HEIJUNKA
Carencia de un instrumento de medición de la producción		X	X	X		X	
Carencia de estándar de producción por día		X	X			X	X
Método no estandarizado		X	X	X			X
Método de trabajo inadecuado		X	X	X			
Puesto de trabajo congestionado	X				X		X
Rotación del personal		X		X			
Material fuera de especificaciones			X				
Puesto de trabajo desorganizado	X		X	X	X		X
Total	2	5	6	5	2	2	4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18  
Cronograma de Aplicación de Lean Manufacturing



Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.2 Implementación de las herramientas Lean Manufacturing

#### Dimensión 1: Implementación de la herramienta Lean, Value Stream Map

- Selección de la familia de productos

Como primera etapa de la aplicación de la herramienta VSM, es necesario enfocarse a una determinada familia de productos mediante un matriz otorgada por la herramienta VSM.

Tabla 19  
Matriz Producto - Proceso

<div>Operaciones</div> <div>Productos</div>		Cortar piezas	Limpieza de bordes	Ensamblado	Soldadura	Rolado	Doblado	Rectificado	Codificar	Almacenado	Total de subprocesos	Nivel de coincidencia	Demanda
Familia	Descripción												
Perfil de laminados	Viga tipo H	x	x	x	x			x	x	x	7	78%	30%
	Viga tipo C	x	x	x	x			x	x	x	7	78%	
	Tubo cuadrado	x	x	x	x			x	x	x	7	78%	
Tubos	Curva de tubos	x	x			x			x	x	5	56%	10%
Rolados	Conos	x	x		x	x			x	x	6	67%	30%
	Conos por puntos	x	x		x	x			x	x	6	67%	
	Tronco de cono	x	x		x	x			x	x	6	67%	
Otros	Columna	x	x	x	x				x	x	6	67%	30%
	Limón	x	x		x				x	x	5	56%	
	Diagonal	x	x	x	x				x	x	6	67%	

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la matriz producto - proceso de la tabla 19, se determinó el producto y los procesos productivos como unidad de análisis para la aplicación de mejora. Obteniendo el producto Viga Tipo H por ser de mayor demanda (30%) y además emplean el 78% de los subprocesos de producción como exige la herramienta.

- Diagramar el estado actual

El Mapa de estado actual representa el procedimiento detallado del proceso de producción de la empresa. En esta etapa es útil para encontrar oportunidades de mejora que a simple vista fueron desapercibida. Analizaremos cada etapa del proceso con el objeto de generar un flujo continuo, plasmándola en un mapa de estado futuro. Por lo que diagramar el mapa de estado actual se necesita lo siguiente:

- Tak Time, marca el ritmo de producción, en el cual se debe estar produciendo una pieza para satisfacer la demanda del cliente.



El estudio tiene una muestra de 12 semanas Pre Test desde mayo del 2018 hasta julio del 2018 y 12 semanas Post Test desde el mes de septiembre 2018 hasta el mes de noviembre 2018 trabajando 1 solo turno laboral de 10 horas diarias, y 1 hora destinada como descanso o refrigerio durante 22 días al mes, teniendo una disponibilidad del operario de 9 horas diarias de lunes a sábados.

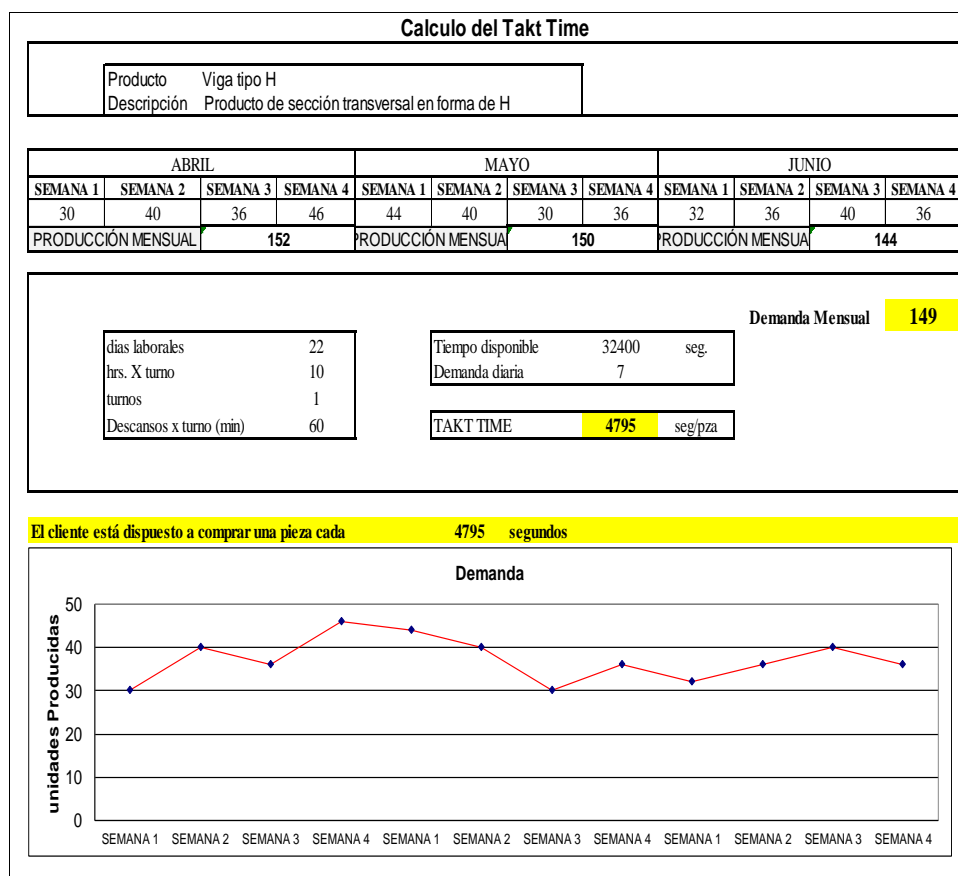
La demanda mensual obtenida por los registros, se limita a la demanda diaria para el cálculo de la demanda diaria.

Obtenido la disponibilidad del operario en un día (tiempo en segundos) y la demanda diaria se calcula el Tak Time mediante la siguiente formula:

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo disponible de producción}}{\text{Demanda del cliente}}$$

Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 20  
Cálculo del Tak Time



Fuente: Elaboración propia

## b) Establecer tiempos

Tabla 21  
Recolección de Tiempos Observados

Proceso	N°	Descripción de Actividades	May-18				Jun-18				Jul-18				Promedio
			SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12	
CORTE	1	Materia prima													
	2	Verificación del acero ( materia prima)	2	1.56	2.1	2.4	1.88	2.1	2.1	2.25	1.86	1.97	1.8	1.7	1.98
	3	Calibrar maquina oxicorte	2	2.1	1.9	2.5	2.1	2.25	1.86	2	2.1	2.4	1.88	1.97	2.09
	4	Cortar con maquina oxicorte	30.5	30	31	30.5	29.5	28	29.8	29.1	30	30.5	30	31	29.99
	5	Inspección	1.5	1.2	1.4	1.8	1.4	1.3	1.2	1.8	1.6	1.3	1.7	1.5	1.48
	6	Traslado al área de estructurado	2.5	2.3	2.2	2.9	2.1	2.2	2.2	2.5	2.5	2	2.1	2.5	2.33
LIMPIEZA	7	Espera	1.5	1.3	1.2	1.8	1.7	1.5	1.2	1	1.2	1.4	1.8	1.4	1.42
	8	Preparar Esmeril y Maquina de soldar	1.5	1	1.2	1.7	1.5	1.2	1.5	1.6	1.3	1.2	1.8	1.7	1.43
	9	Limpieza de bordes con esmeril	7.5	7.5	7.2	8	7.4	7.2	7	7.5	7.3	7.3	7.2	7.9	7.42
ENSABLANDO 1	10	Espera	1.5	1.3	1.7	1.5	1.4	1.8	1.4	1.3	1.2	1.8	1.6	1.3	1.48
	11	Armado y apuntalado de alma con ala derecha	125	120	121	121.5	121.3	122	128	127	123	128	126	120	123.57
SOLDADURA 1	12	Espera	1.5	1.6	1.3	1.7	1.5	1.3	1.2	1.4	1.8	1.4	1.3	1.34	1.45
	13	Preparar maquina arco sumergido	2	2.5	2	2.9	2.5	2.2	2.15	2	2.87	2.1	2.5	1.6	2.28
	14	Soldado con arco sumergido	43.5	40.5	40	41	42.5	40	41	41	40	41	39.5	39	40.75
	15	Inspección	1.5	1.2	1	1.2	1.4	1.8	1.2	1.8	1.7	1.4	1.45	1.5	1.43
ENSABLANDO 2	16	Espera	1.5	1.2	1	1.2	1.4	1.8	1.2	1.8	1.7	1.4	1.45	1.5	1.43
	17	Armado y apuntalado de alma con ala izquierda	125	121.5	121.3	122	128	127	123	120	121	123	128	126	123.82
SOLDADURA 2	18	Espera	1.5	1.6	1.3	1.7	1.5	1.3	1.2	1.4	1.8	1.4	1.3	1.35	1.45
	19	Preparar maquina arco sumergido	2	2.15	2	2.87	2.1	2.5	1.6	2	2	2.9	2.5	2.2	2.24
	20	Soldado con arco sumergido	43.5	44	43	43.5	44	43	44.5	41	43	43	43	42	43.13
	21	Inspección	1.5	1	1.4	1.5	1.1	1.7	1.9	1.3	1.5	1.3	1.6	1.5	1.44
RECTIFICADO	22	Espera	1.5	1	1.4	1.5	1.1	1.7	1.9	1.3	1.5	1.3	1.6	1.5	1.44
	23	Traslado a maquina rectificadora	2	2.3	2	1.9	1.5	2.5	2.1	2	1.95	2	1.5	1.8	1.96
	24	Calibrado de maquina	1	0.5	1.25	0.7	0.5	0.9	0.77	0.92	0.9	1	1.3	1.5	0.94
	25	Enderezado de ala derecha con alma	6	5.5	5.2	6.2	5.9	5	5.3	5.5	6	5.5	5.1	5	5.52
	26	Voltear viga	1.5	1.2	1	2	1.5	1.2	1	1.6	1.3	1.2	1.8	1.7	1.42
	27	Enderezado de ala izquierda con alma	6	5	6	5.6	5.1	5	5.2	6.2	5.9	5.4	5.9	6	5.61
	28	Inspección	1.5	1.3	1.2	1.8	1.6	1.3	1.2	1.3	1.5	1.4	1.8	1.4	1.44
	29	Traslado a maquina codificadora	1.7	1.7	1.3	1.6	1.2	1.8	1.7	1.3	1.7	1.3	1.4	1.5	1.52
CODIFICAR	30	Espera	2	1.94	1.6	2.4	2.1	2	2.4	2	1.9	1.5	1.8	1.5	1.93
	31	Programa codificadora	1	1	1.3	1.5	1.2	0.5	1.25	0.7	0.5	0.9	1	1	0.99
	32	Codificar	3	2.5	2.8	3.3	2.6	3	2.5	3.6	3	2.2	2.6	3.3	2.87
ALMACENADO	33	Almacenado	2	2.4	2.2	2	2.4	2.5	1.9	1.5	2.7	2.6	1.6	2	2.15
TOTAL															420.4

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 21, se visualiza los tiempos observados del personal semanalmente, durante un periodo de 12 semanas Pre Test. Luego de obtener los tiempos promedios por actividad se le añade la valoración y los suplementos, obteniendo el tiempo normal y estándar que servirá como datos, registrándolas en la línea de tiempo que la VSM otorga para medir el tiempo de procesamiento para la fabricación del elemento Viga tipo H.

Tabla 22  
*Tabla de Suplementos Observados*

N°	Descripción del Suplemento	Suplementos
1	<b>SUPLEMENTO POR DESCANSO</b>	
	Suplementos por fatiga básica	4%
	Suplementos por necesidades personales	5%
2	<b>SUPLEMENTOS POR CONTINGENCIAS</b>	
	Suplementos por eventualidades (inevitables)	6%
3	<b>SUPLEMENTOS POR POLITICA DE LA EMPRESA</b>	
	Suplemento excepcional, a nivel de desempeño	0%
4	<b>SUPLEMENTOS ESPECIALES</b>	
	Actividades que no forman parte del ciclo de trabajo	0%
	<b>TOTAL % DE SUPLEMENTOS</b>	15%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23  
*Tiempo Estándar del Proceso de Producción para la Fabricación de Elemento Viga Tipo H*

ESTUDIO DE TIEMPOS							
Proceso	N°	Elementos	TIEMPO PROMEDIO	VALORACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL	SUPLEMENTOS 15%	TIEMPO ESTANDAR
CORTE	1	Materia prima	0	100	0.00	0.00	0.00
	2	Verificación del acero ( materia prima)	1.98	75	1.48	0.22	1.70
	3	Calibrar maquina oxicorte	2.09	75	1.57	0.23	1.80
	4	Cortar con maquina oxicorte	29.99	100	29.99	4.50	34.49
	5	Inspección	1.48	75	1.11	0.17	1.27
	6	Traslado al área de estructurado	2.33	100	2.33	0.35	2.68
LIMPIEZA	7	Espera	1.42	100	1.42	0.21	1.63
	8	Preparar Esmeril y Maquina de soldar	1.43	75	1.08	0.16	1.24
	9	Limpieza de bordes con esmeril	7.42	125	9.27	1.39	10.66
ENSAMBLADO 1	10	Espera	1.48	100	1.48	0.22	1.71
	11	Armado y apuntalado de alma con ala derecha	123.57	100	123.57	18.54	142.10
SOLDADURA 1	12	Espera	1.45	100	1.45	0.22	1.66
	13	Preparar maquina arco sumergido	2.28	75	1.71	0.26	1.96
	14	Soldado con arco sumergido	40.75	100	40.75	6.11	46.86
	15	Inspección	1.43	100	1.43	0.21	1.64
ENSAMBLADO 2	16	Espera	1.43	100	1.43	0.21	1.64
	17	Armado y apuntalado de alma con ala izquierda	123.82	100	123.82	18.57	142.39
SOLDADURA 2	18	Espera	1.45	100	1.45	0.22	1.67
	19	Preparar maquina arco sumergido	2.24	75	1.68	0.25	1.93
	20	Soldado con arco sumergido	43.13	100	43.13	6.47	49.59
	21	Inspección	1.44	100	1.44	0.22	1.66
RECTIFICADO	22	Espera	1.44	100	1.44	0.22	1.66
	23	Traslado a maquina rectificadora	1.96	75	1.47	0.22	1.69
	24	Calibrado de maquina	0.94	75	0.70	0.11	0.81
	25	Enderezado de ala derecha con alma	5.52	100	5.52	0.83	6.34
	26	Voltear viga	1.42	100	1.42	0.21	1.63
	27	Enderezado de ala izquierda con alma	5.61	100	5.61	0.84	6.45
	28	Inspección	1.44	100	1.44	0.22	1.66
	29	Traslado a maquina codificadora	1.52	75	1.14	0.17	1.31
CODIFICAR	30	Espera	1.93	100	1.93	0.29	2.22
	31	Programa codificadora	0.99	75	0.74	0.11	0.85
	32	Codificar	2.87	100	2.87	0.43	3.30
ALMACENADO	33	Almacenado	2.15	75	1.61	0.24	1.85
					<b>TIEMPO DE CICLO TOTAL</b>		<b>480.07</b>

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente se visualiza en la tabla 23, los tiempos estándar para cada actividad, obteniendo un tiempo de 480 minutos con 4.2 segundos de tiempo total estándar para la producción del elemento Viga Tipo H, encontrando el cuello de botella en el armado y apuntalado con 142 minutos con 23 segundos.

- c) Diagramar el VSM de estado actual (figura 9).
- d) Aplicar otras herramientas Lean para darle flujo continuo.
- e) Diagramar el VSM de estado futuro (Figura 10).

## Dimensión 2: Manufactura Celular

### a) Balance de Operator Balance Chart

Paso 1, del análisis de información arrojada por el VSM actual en el punto anterior. Se procede a analizar los tiempos de ciclo total con el Tak time para lograr hallar el número de operarios que se requieren para producir un producto de inicio a fin.

Tabla 24  
*Análisis del Balance del Operador*

Tabla de Balance del operador				
Operación	Operador	Descripción	Tiempo en Seg.	Takt Time
1	A	Cortar plancha	2517	4795
2	B	Limpiar bordes	811.8	4795
3	C Y D	Ensamblado 1	8628.6	4795
4	E Y F	Soldadura 1	3127.8	4795
5	CY D	Ensamblado 2	8641.8	4795
6	E Y F	Soldadura 2	3291	4795
7	G	Rectificado	1293	4795
8	H	Codificar	382.2	4795
9	I	Almacenado	111	4795
<b>9 operaciones 9 operarios</b>			<b>28804.2</b>	<b>4795</b>

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 24, se observa que para la fabricación de estructuras metálica Viga Tipo H se requiere 9 operaciones, trabajando 9 operarios, logrando un tiempo de 480.07 minutos (28804 Segundos).

Paso 2, mediante una representación gráfica se logra visualizar el comportamiento actual de los tiempos de ciclo con relación al Tak Time.

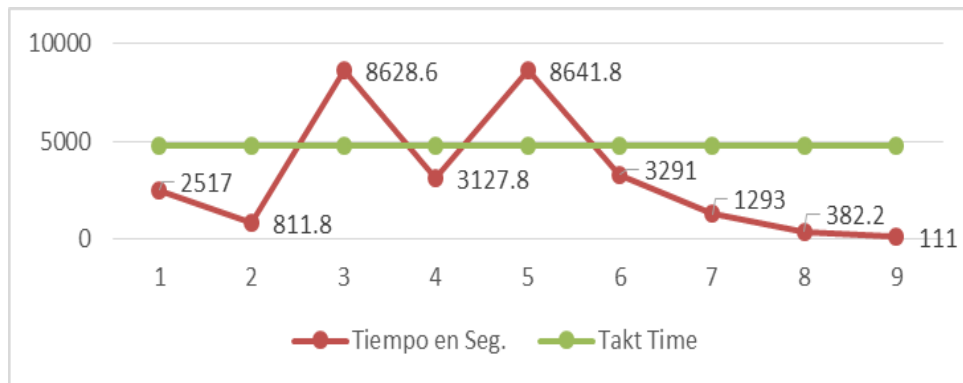


Figura 11. Gráfica de Análisis de Tiempos de Ciclo con Relación al Tak Time

Fuente: Elaboración Propia

Paso 3, determinar el número de operación necesarios para la fabricación del elemento Viga tipo H, determinado por el cociente del tiempo de ciclo total con relación al Tak Time.

Tabla 25  
Tabla Resumen Operator Balance Chart

# de operarios necesarios = Tiempo de ciclo total / tak time		
Tiempo de ciclo total	28804.2	segundos
Tak time	4795	segundos
Numero de operarios necesarios	6	operarios

Fuente: Elaboración Propia

## b) Balance de línea con relación al Tak Time

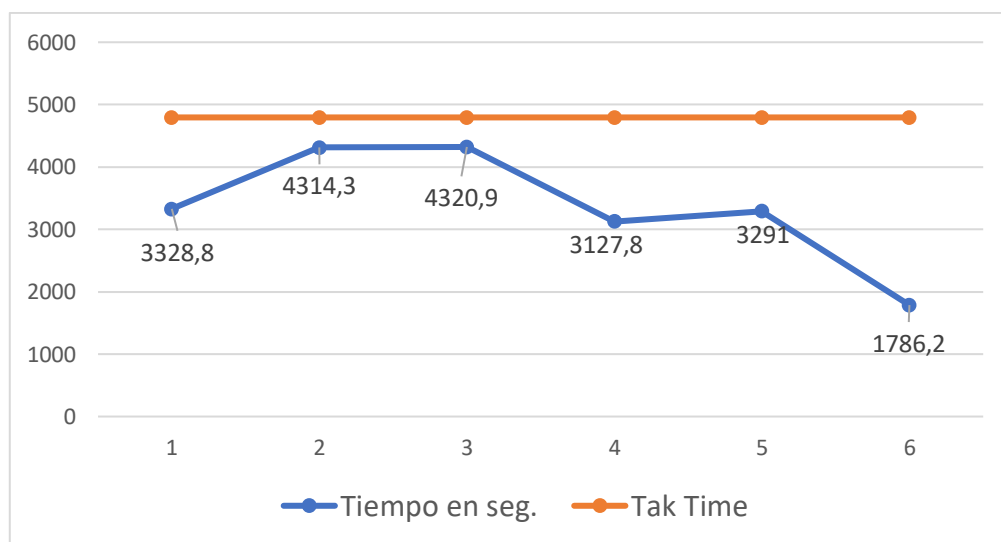
Se procede a balancear el tiempo de los procesos y unirnos, con la finalidad de producir productos con menor o igual velocidad del Tak Time, que nos lleva a la eliminación de desperdicios de tiempos y desequilibrio de recurso de mano de obra.

Tabla 26

*Tabla de Balance de Tiempos de Producción con Relación al Tak Time*

Tabla de Balance del operador Post Test					
Operación	Descripción / Procesos unidos	Operador	Tiempo en min.	Tiempo en seg.	Tak Time
1, 2	Cortar y limpiar plancha	A	55,5	3328,8	4795
3	Ensamblado 1	B,C,D,,E	71,9	811,8	4795
5	Ensamblado 2	B,C,D,E	72,0	4320,9	4795
4	Soldadura 1	D,E	52,1	3127,8	4795
6	Soldadura 2	D,E	54,9	3291	4795
7,8,9	Rectificado, codificado, almacenado	F	29,8	1786,2	4795
<b>6 operaciones</b>		<b>6 operarios</b>	<b>336,2</b>	<b>16667</b>	<b>4795</b>

Fuente: Elaboración Propia



*Figura 12. Gráfica de Balance de Tiempos de Producción con Relación al Tak Time*

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 26 representada en la figura 12, se visualiza el balance de tiempos en la línea de producción de los operarios con respecto al Tak Time, que dio como resultado un ahorro de 3 operarios y una reducción de 144.07 minutos obteniendo 336 minutos de tiempo de producción del elemento Viga Tipo H.

### c) Optimizar el proceso generando un flujo continuo

Este paso tiene como objetivo principal es eliminar los inventarios intermedios donde sea posible, generando un mayor flujo de materiales e información al sistema de producción. Producir un elemento y transportarla al posterior proceso sin generar elementos en espera a ser trabajados es el principal objetivo de generar un flujo continuo.

### Dimensión 3: Kanban

Como herramienta de la metodología Lean Manufacturing la aplicación de las tarjetas Kanban en un mapa de estado futuro, tiene como propósito el control y orden del abastecimiento y el movimiento de inventarios además de otorgar instrucciones al proceso facilitando las comunicaciones entre operaciones y áreas.

La aplicación propuesta de la implementación Kanban como herramienta de control, consiste en crear un buzón donde se almacenen los Kanban de transporte de materiales dentro de la planta para fines internos y otro buzón destinado para los Kanban de producción.

Paso 1, la aplicación de esta herramienta consistió en el entrenamiento del personal para instruir al personal de cómo construir y reconocer los tipos de Kanban. Para ello se diseñó los Kanban de transporte y Kanban de producción ajustada a los requerimientos de la empresa de estudio.

Kanban de Retiro	
OT -	
Proceso anterior	Corte y Limpieza de plancha
Proceso actual	Estructurado
Contenedor	Área de de estructurado
Código	VX00_
Nombre de la pieza	Viga tipo H
Acabado	Negro
Capacidad de contenedor	Tipo de contenedor
1 / 6	A B

Figura 13. Kanban de Retiro (Estructurado a Corte y Limpieza de Plancha)

Fuente: Elaboración Propia

Kanban de Producción	
OT - _ _ _	
Proceso actual	Corte y limpieza de plancha
Almacenar en	área de estructurado
Nombre de la pieza	Ala de viga ( Ala I, Ala D)
Acabado	Negro
Cantidad a producir	Tipo de contenedor
298	A      B

*Figura 14.* Kanban de Producción de Corte y Limpieza de Plancha de Acero

Fuente: Elaboración Propia

Kanban de Retiro	
OT - _ _ _	
Proceso anterior	Estructurado
Proceso actual	Rectificado
Contenedor	Área de rectificado
Código	VX00_
Nombre de la pieza	Viga tipo H
Acabado	Negro
Capacidad de contenedor	Tipo de contenedor
1 / 6	A      B

*Figura 15.* Kanban de Retiro (Rectificado a Estructurado)

Fuente: Elaboración Propia

Kanban de Producción	
OT - _ _ _	
Proceso actual	Estructurado
Almacenar en	Área de rectificado
Nombre de la pieza	Ala de viga ( Ala I, Ala D)
Acabado	Negro
Cantidad a producir	Tipo de contenedor
298	A      B

*Figura 16.* Kanban de Producción de Elemento Estructural

Fuente: Elaboración Propia



Paso 2: El paso siguiente, fue colocar los buzones Kanban de manera estratégica en puntos donde no sea posible el flujo continuo, y donde sea viable la unión de los procesos.

Paso 3: Determinar las cantidades de Kanban durante la implementación en el sistema de producción. Con el objetivo reducir cada vez más los inventarios a futuro en el sistema. Para esta etapa de la implementación se requiere calcular lo siguiente:

- Lead Time de 9 días con 480 minutos < > 9 horas de trabajo (540 minutos) x 9 días + 480 minutos = 5340 ( VSM actual)
- Tak Time: 4795 seg / pza. < > 80 min / pza.
- Unid por Kanban: 6 piezas
- Margen de seguridad: 3 piezas

Usando la fórmula de Kanban: 
$$\# \text{ Kanban} = \frac{LT}{TT \times TL} + FS$$

$$\# \text{ Kanban} = \frac{5340}{80 \times 6} + 3 = 14$$

Mediante las mejoras realizadas en el VSM, se determinó el número de Kanban para producir con relación al Lead Time de la siguiente manera:

- Lead Time de 4 días con 336.2 minutos < > 2874.2 minutos (VSM Futuro)
- Tak Time: 4795 seg / pza. < > 80 min / pza.
- Unid por Kanban: 6 piezas
- Margen de seguridad: 3 piezas

Usando la fórmula de Kanban: 
$$\# \text{ Kanban} = \frac{LT}{TT \times TL} + FS$$

$$\# \text{ Kanban} = \frac{2873.2}{80 \times 6} + 3 = 9$$

En el proceso de fabricación de Viga tipo H se determinó que se necesitan 14 tarjetas Kanban en el análisis del VSM actual. Mediante la aplicación de las herramientas de mejora se determinó que las tarjetas requeridas para que el proceso trabaje de manera interrumpida son de 9 tarjetas Kanban. El objetivo fue reducir las unidades por tarjeta Kanban en el tiempo, obteniendo stock mínimo y el flujo continuo de las piezas en la cadena de valor.

### 3.5 Análisis descriptivo

#### 3.5.1 Variable Independiente – Lean Manufacturing

##### Dimensión 1: Value Stream Map

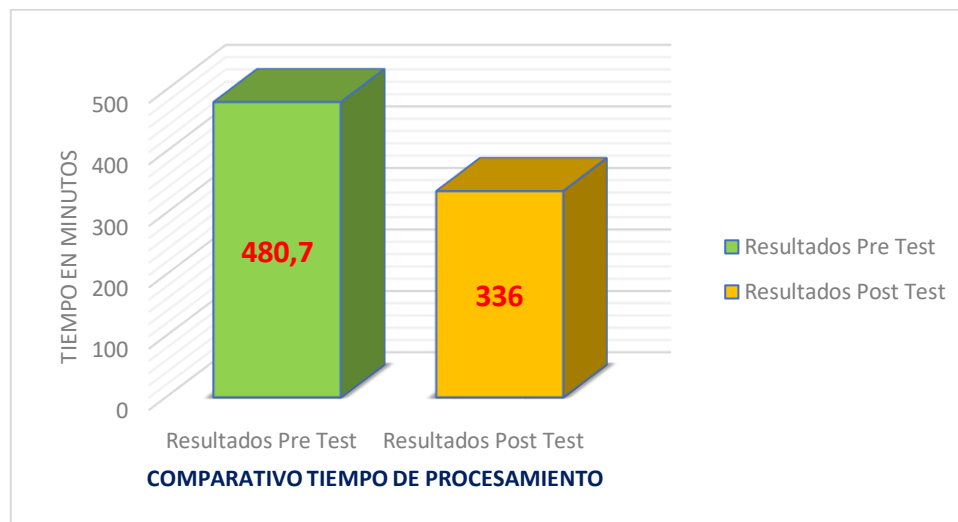
##### Indicador: Tiempo de Procesamiento

Tabla 27

*Comparativo Tiempo de Procesamiento Pre Test - Post Test*

Descripción	Resultados Pre Test	Resultados Pre Test	Variacion Porcentual
Número de operadores	9	6	33.33%
Led time (días)	9 días con 480.7 min.	4. 7 dia con 336.2 min	46%
Inventario en proceso (días)	6	6	-
Tiempo de Procesamiento	480.7 min.	336 min.	30.1 %

Fuente: Elaboración Propia



*Figura 17. Gráfica de Comparativo Tiempo de Procesamiento*

Fuente: Elaboración Propia

**INTERPRETACIÓN:** En la tabla 27, representada en la figura 17, se observa que hubo una reducción de tiempo de procesamiento. Del comparativo dio como resultado Pre Test de 480.7 minutos de procesamiento de fabricación del elemento Viga Tipo H, y los resultados obtenidos Post Test fue de 336 minutos de procesamiento de fabricación del elemento viga tipo H. Lo que se concluye, que existió un reducción en el tiempo de procesamiento de 144.7 minutos, lo que representa un 30.1 % de reducción tiempo sin valor al proceso de producción, por lo que se obtuvo mejoras en el tiempo de procesamiento en el área de producción.

## Dimensión 2: Manufactura Celular

### Indicador: Balance del Operador (número de operarios requeridos)

Tabla 28

*Comparativo Balance de Operador Pre Test - Post Test*

Comparativo Balance del operador Post Test - Post Test		
	Pre Test	Post Test
Tak Time	4795	4795
Tiempo de ciclo total	28804.2	336.2
Operaciones	9	6
<b>Operarios</b>	<b>9</b>	<b>6</b>

Fuente: Elaboración Propia

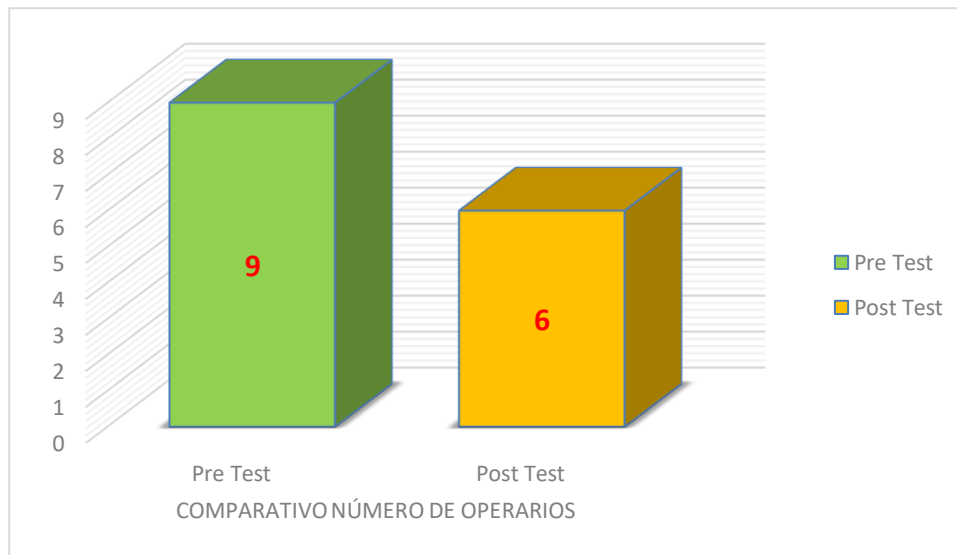


Figura 18. Grafica de Comparativo Balance de Número de Operadores en una línea de Producción

Fuente: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la tabla 28, representada en la figura 18, se observa que hubo una reducción de operarios necesarios en el proceso de producción de inicio a fin. Del comparativo dio como resultado Pre Test de 9 operarios trabajando simultáneamente en las actividades y tareas designadas para la fabricación del elemento Viga Tipo H, y los resultados obtenidos Post Test fue de 6 operarios trabajando simultáneamente en las actividades y tareas designadas para la fabricación del elemento Viga Tipo H. Lo que se concluye, que existió una reducción de utilización del recurso humano de un 33.33 % de reducción operarios en la línea de producción, por lo que se obtuvo mejoras en el

aprovechamiento del recurso de factor humano balanceando los tiempos de procesamiento con los operarios eliminando a su vez tiempo muertos por la espera de un proceso a otro, otorgando mayor fluidez al proceso de producción en el área de producción.

### Dimensión 3: Kanban

#### Indicador: Número de tarjetas Kanban en contenedores

Tabla 29  
Comparativo Número de Tarjetas Kanban en Contenedores

Descripción	Antes	Después
Tiempo de Entrega (Lead Time)	5340 min.	2874.2 min.
Tak Time	80 min.	80 min.
Unidades por Kanban	6	6
Margen de Seguridad	3	3
Número de Kanban requeridos	14.1	9

Fuente: Elaboración Propia

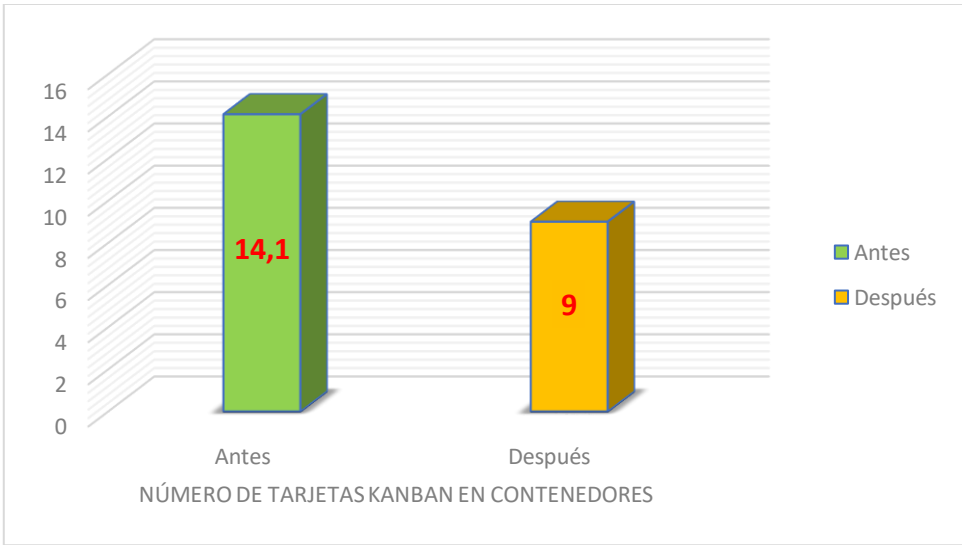


Figura 19. Gráfica de Comparativo Número de tarjetas Kanban en Contenedores

Fuente: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la tabla 29, representada en la figura 19, se observa que hubo una reducción de número de tarjetas Kanban en contenedores para autorizar el abastecimiento y la producción del elemento Viga Tipo H. Del comparativo dio como resultado Pre Test de 14.1 tarjetas Kanban adheridas a contenedores, y el resultado obtenido en el Post Test fue de 9 tarjetas Kanban adheridas a contenedores. Lo que se concluye, que existió una reducción

en el número de tarjetas Kanban que autorizan el abastecimiento y la producción de 5.1 tarjetas, lo que representa un 36% de reducción de tarjetas, por lo que se obtuvo mejoras en el aprovechamiento de abastecimiento y control de elementos en transformación en el proceso de producción.

### 3.5.2 Variable Dependiente – Productividad

Tabla 30  
Comparativo de la Productividad Pre Test - Post Test

Semana	Periodo	Productividad Pre Test	Periodo	Productividad Post Test
1	1/05/2018	55%	2/09/2018	72%
2	8/05/2018	43%	9/09/2018	84%
3	15/05/2018	56%	16/09/2018	70%
4	22/05/2018	53%	23/09/2018	82%
5	29/05/2018	66%	30/09/2018	100%
6	5/06/2018	80%	7/10/2018	92%
7	12/06/2018	70%	14/10/2018	84%
8	19/06/2018	70%	21/10/2018	82%
9	26/06/2018	66%	28/10/2018	97%
10	3/07/2018	58%	4/11/2018	72%
11	10/07/2018	84%	11/11/2018	97%
12	17/07/2018	72%	18/11/2018	111%
Promedio		64%		87%

Fuente: Elaboración Propia

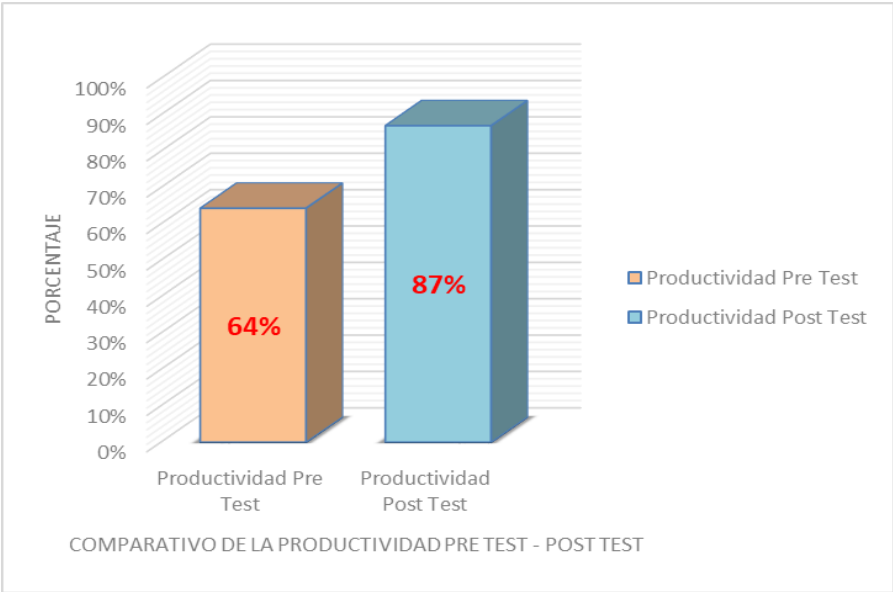


Figura 20. Gráfica de Comparativo de la Productividad Pre Test - Post Test

Fuente: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la tabla 30, representada en la figura 20, se observa que hubo un aumento de la productividad. Del comparativo dio como resultado en el Pre Test de 64 %, y el resultado obtenido en el Post Test fue de 87 %. Lo que se concluye, que existió un aumento de 23 % la productividad en el área de producción para la fabricación del elemento Viga Tipo H en la empresa E y C Metalikas S.A.C.

**Dimensión 1: Eficiencia**

**Indicador: Índice de tiempo de producción**

Tabla 31  
Comparativo de la Eficiencia Pre Test - Eficiencia Post Test

Semana	Periodo	Eficiencia Pre Test	Periodo	Eficiencia Post Test
1	1/05/2018	82%	2/09/2018	92%
2	8/05/2018	77%	9/09/2018	95%
3	15/05/2018	85%	16/09/2018	90%
4	22/05/2018	79%	23/09/2018	92%
5	29/05/2018	85%	30/09/2018	100%
6	5/06/2018	90%	7/10/2018	92%
7	12/06/2018	90%	14/10/2018	95%
8	19/06/2018	90%	21/10/2018	92%
9	26/06/2018	85%	28/10/2018	97%
10	3/07/2018	87%	4/11/2018	92%
11	10/07/2018	95%	11/11/2018	97%
12	17/07/2018	92%	18/11/2018	100%
Promedio		86%		95%

Fuente: Elaboración Propia

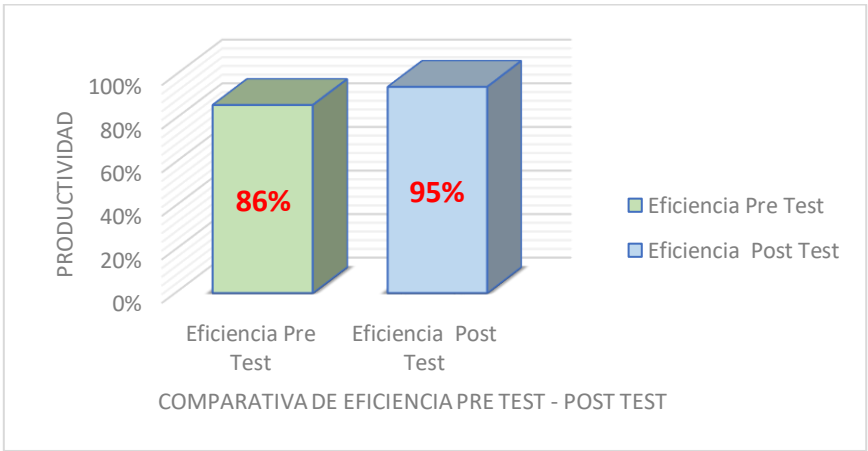


Figura 21. Gráfica de Comparativo de la Eficiencia Pre Test - Post Test

Fuente: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la tabla 31, representa en la figura 21, se observa que hubo un aumento de la eficiencia (recursos empleados) puesto que la producción incremento. Del comparativo dio como resultado en el Pre Test de 86 % y el resultado obtenido en el Post Test fue de 95 %. Lo que se concluye, que existió un aumento de la eficiencia (recursos empleados) de 9 %.

## Dimensión 2: Eficacia

### Indicador: Índice de Elementos Producidos

Tabla 32

*Comparativo de la Eficacia Pre Test - Post Test*

Semana	Periodo	Eficacia Pre Test	Periodo	Eficacia Post Test
1	1/05/2018	67%	2/09/2018	78%
2	8/05/2018	56%	9/09/2018	89%
3	15/05/2018	67%	16/09/2018	78%
4	22/05/2018	67%	23/09/2018	89%
5	29/05/2018	78%	30/09/2018	100%
6	5/06/2018	89%	7/10/2018	100%
7	12/06/2018	78%	14/10/2018	89%
8	19/06/2018	78%	21/10/2018	89%
9	26/06/2018	78%	28/10/2018	100%
10	3/07/2018	67%	4/11/2018	78%
11	10/07/2018	89%	11/11/2018	100%
12	17/07/2018	78%	18/11/2018	111%
Promedio		74%		92%

Fuente: Elaboración Propia

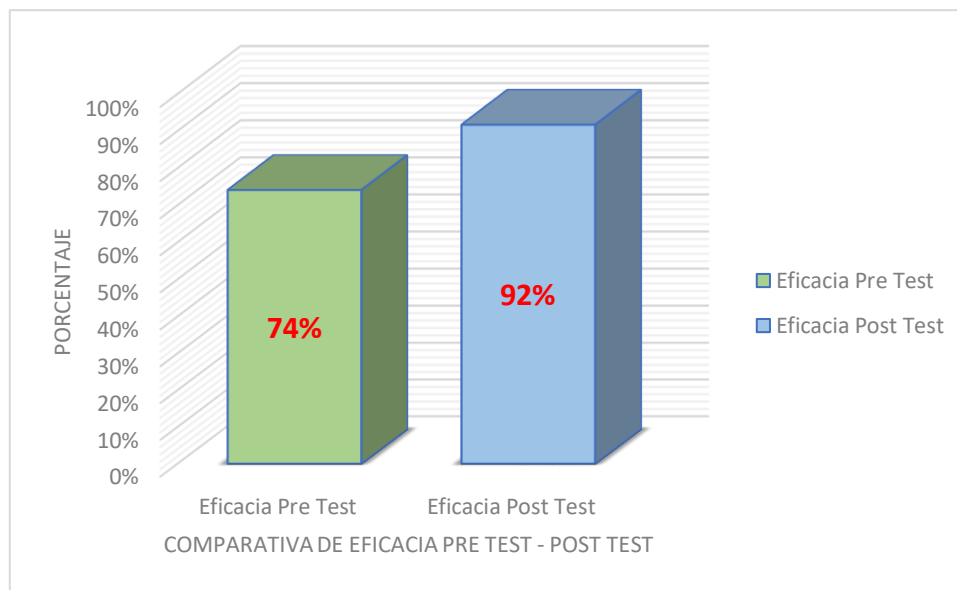


Figura 22. Gráfica de Comparativo de la Eficiencia Pre Test - Eficiencia Post Test

Fuente: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN: En la tabla 32, representa en la figura 22, se observa que hubo un aumento de la eficacia (elementos producidos). Del comparativo dio como resultado en el Pre Test de 74% y el resultado obtenido en el Post Test fue de 92%. Lo que se concluye, que existió un aumento de la eficacia (elementos producidos) de 18%.

### 3.6 Análisis Inferencial

#### 3.6.1 Prueba de Normalidad con Shapiro – Wilk ( $n < 30$ )

##### Variable Dependiente: Productividad

Tabla 33

Resumen de Procesamiento de los Casos - Productividad

	Resumen del procesamiento de los casos					
	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Productividad Pre Test	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
Productividad Post Test	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%



Tabla 34  
Análisis Descriptivos - Productividad

Descriptivos			Estadístico	Error típ.
Productividad Pre Test	Media		,6442	,03417
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,5690	
		Límite superior	,7194	
	Media recortada al 5%		,6452	
	Mediana		,6600	
	Varianza		,014	
	Desv. típ.		,11836	
	Mínimo		,43	
	Máximo		,84	
	Rango		,41	
	Amplitud intercuartil		,16	
	Asimetría		-,061	,637
	Curtosis		-,394	1,232
Productividad Post Test	Media		,8692	,03669
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,7884	
		Límite superior	,9499	
	Media recortada al 5%		,8652	
	Mediana		,8400	
	Varianza		,016	
	Desv. típ.		,12710	
	Mínimo		,70	
	Máximo		1,11	
	Rango		,41	
	Amplitud intercuartil		,23	
	Asimetría		,352	,637
	Curtosis		-,596	1,232

Determinación de datos:

SIG < 0.05 Datos no Paramétricos

SIG > 0.05 Datos Paramétricos

	PRDUCTIVIDAD ANTES	PRODUCTIVIDAD DESPUÉS	CONCLUSIÓN
SIG> 0.05	SI	SI	PARAMÉTRICO
SIG> 0.05	SI	NO	NO PARAMÉTRICO
SIG> 0.05	NO	SI	NO PARAMÉTRICO
SIG> 0.05	NO	NO	NO PARAMÉTRICO

Tabla 35  
Prueba de Normalidad - Productividad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Productividad Pre Test	,974	12	,949
Productividad Post Test	,943	12	,534

\*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

INTERPRETACIÓN: Según la tabla 35 mostrado anteriormente se obtiene SIG. Productividad Pre Test (0.949) > 0.05 y SIG. Productividad Post Test (0.534) > 0.05. Lo que se concluye que los datos de la variable dependiente (Productividad) son Paramétricos. Por lo tanto, la validación de la hipótesis se utilizara la prueba de T – STUDENT.

### Prueba de Normalidad con Shapiro – Wilk: Eficiencia

Tabla 36  
Resumen de Procesamiento de Casos - Eficiencia

#### Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Eficiencia Pre Test	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
Eficiencia Post Test	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%

Tabla 37  
Análisis Descriptivos - Eficiencia

Descriptivos			Estadístico	Error típ.
Eficiencia Pre Test	Media		,8642	,01540
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,8303	
		Límite superior	,8981	
	Media recortada al 5%		,8646	
	Mediana		,8600	
	Varianza		,003	
	Desv. típ.		,05334	
	Mínimo		,77	
	Máximo		,95	
	Rango		,18	
	Amplitud intercuartil		,07	
	Asimetría		-,283	,637
	Curtosis		-,494	1,232
Eficiencia Post Test	Media		,9450	,00973
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,9236	
		Límite superior	,9664	
	Media recortada al 5%		,9444	
	Mediana		,9350	
	Varianza		,001	
	Desv. típ.		,03371	
	Mínimo		,90	
	Máximo		1,00	
	Rango		,10	
	Amplitud intercuartil		,05	
	Asimetría		,555	,637
	Curtosis		-,966	1,232

Determinación de datos:

SIG < 0.05 Datos no Paramétricos

SIG > 0.05 Datos Paramétricos

	EFICIENCIA ANTES	EFICIENCIA DESPUÉS	CONCLUSIÓN
SIG> 0.05	SI	SI	PARAMÉTRICO
SIG> 0.05	SI	NO	NO PARAMÉTRICO
SIG> 0.05	NO	SI	NO PARAMÉTRICO
SIG> 0.05	NO	NO	NO PARAMÉTRICO

Tabla 38  
Prueba de Normalidad - Eficiencia

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia Pre Test	,964	12	,843
Eficiencia Post Test	,877	12	,080

\*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

INTERPRETACIÓN: Según la tabla 38 mostrado anteriormente se obtiene SIG. Eficiencia Pre Test (0.843) > 0.05 y SIG. Eficiencia Post Test (0.80) > 0.05. Lo que se concluye que los datos de la dimensión 1 (Eficiencia) son Paramétricos. Por lo tanto, la validación de la hipótesis se utilizara la prueba de T – STUDENT.

### Prueba de Normalidad con Shapiro – Wilk: Eficacia

Tabla 39  
Resumen de Procesamiento de Casos – Eficacia

#### Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Eficacia Pre Test	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
Eficacia Post Test	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%

Tabla 40  
Análisis Descriptivos - Eficacia

Descriptivos			Estadístico	Error típ.
Eficacia Pre Test	Media		,7433	,02819
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,6813	
		Límite superior	,8054	
	Media recortada al 5%		,7454	
	Mediana		,7800	
	Varianza		,010	
	Desv. típ.		,09764	
	Mínimo		,56	
	Máximo		,89	
	Rango		,33	
	Amplitud intercuartil		,11	
	Asimetría		-,139	,637
	Curtosis		-,254	1,232
Eficacia Post Test	Media		,9175	,03065
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,8500	
		Límite superior	,9850	
	Media recortada al 5%		,9144	
	Mediana		,8900	
	Varianza		,011	
	Desv. típ.		,10618	
	Mínimo		,78	
	Máximo		1,11	
	Rango		,33	
	Amplitud intercuartil		,19	
	Asimetría		,136	,637
	Curtosis		-,770	1,232

Determinación de datos:

SIG < 0.05 Datos no Paramétricos

SIG > 0.05 Datos Paramétricos

	EFICACIA ANTES	EFICACIA DESPUÉS	CONCLUSIÓN
SIG> 0.05	SI	SI	PARAMÉTRICO
SIG> 0.05	SI	NO	NO PARAMÉTRICO
SIG> 0.05	NO	SI	NO PARAMÉTRICO
SIG> 0.05	NO	NO	NO PARAMÉTRICO

Tabla 41  
Prueba de Normalidad - Eficacia

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficacia Pre Test	,900	12	,160
Eficacia Post Test	,894	12	,134

a. Corrección de la significación de Lilliefors

INTERPRETACIÓN: Según la tabla 41 mostrado anteriormente se obtiene SIG. Eficiencia Pre Test (0.160) > 0.05 y SIG. Eficiencia Post Test (0.134) > 0.05. Lo que se concluye que los datos de la dimensión 2 (Eficacia) son Paramétricos. Por lo tanto, la validación de la hipótesis se utilizara la prueba de T – STUDENT.

### 3.6.2 Validación de la Hipótesis General

#### Contrastación de la hipótesis general

H<sub>0</sub>: La aplicación de Lean Manufacturing no aumenta la productividad del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018.

H<sub>a</sub>: La aplicación de Lean Manufacturing aumenta la productividad del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018.

#### Regla de decisión:

**H<sub>0</sub>:**  $\mu_{\text{Productividad antes}} \geq \mu_{\text{Productividad después}}$

**H<sub>a</sub>:**  $\mu_{\text{Productividad antes}} < \mu_{\text{Productividad después}}$

#### Prueba T - Student

Tabla 42  
Prueba T - Student: Estadísticos de Muestras Relacionadas- Hipótesis General Productividad

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	Productividad Pre Test	12	,11836	,03417
	Productividad Post Test	12	,11111	,03669

INTERPRETACIÓN: De la regla de decisión y la tabla 42, demuestra que la media de la productividad Pre Test (0.6442) es menor que la media de la productividad Post Test (0.8692), cumpliendo la regla:

$$H_a: \mu_{\text{Productividad antes}} < \mu_{\text{Productividad después}}$$

Por lo tanto se acepta la hipótesis alterna, por la cual queda demostrado que la aplicación del Lean Manufacturing aumenta la productividad del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018.

#### Análisis del $p_{\text{valor}}$

Si  $p_v \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula

Si  $p_v > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula

Tabla 43

*Prueba de T – Student: Prueba de Muestras Relacionadas – Hipótesis General Productividad*

Prueba de muestras relacionadas									
		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Productividad Pre Test - Productividad Post Test	-,22500	,11358	,03279	-,29716	-,15284	-6,862	11	,000

INTERPRETACIÓN: De la tabla 43, se puede observar que la significancia arrojada por la prueba T – Student, aplicada a la productividad Pre Test y Post Test es de 0.000, por lo tanto y de acuerdo a la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna afirmando que la aplicación de Lean Manufacturing aumenta la productividad del área Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018.

#### Validación de la Hipótesis específica: Eficiencia

##### Contrastación de la hipótesis específica

$H_0$ : La aplicación de Lean Manufacturing no aumenta la eficiencia del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018.

$H_a$ : La aplicación de Lean Manufacturing aumenta la eficiencia del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018.

**Regla de decisión:**

$$H_0: \mu_{\text{Eficiencia antes}} \geq \mu_{\text{Eficiencia después}}$$

$$H_a: \mu_{\text{Eficiencia antes}} < \mu_{\text{Eficiencia después}}$$

**Prueba T – Student**

Tabla 44

*Prueba T - Student: Estadísticos de Muestras Relacionadas – Dimensión Eficiencia*

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	Eficiencia Pre Test	,8642	12	,05334	,01540
	Eficiencia Post Test	,9450	12	,03371	,00973

INTERPRETACIÓN: De la regla de decisión y la tabla 44, demuestra que la media de la eficiencia Pre Test (0.8642) es menor que la media de eficiencia Post Test (0.9450), cumpliendo la regla:

$$H_a: \mu_{\text{Eficiencia antes}} < \mu_{\text{Eficiencia después}}$$

Por lo tanto se acepta la hipótesis alterna, por la cual queda demostrado que la aplicación del Lean Manufacturing aumenta la eficiencia del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018.

**Análisis del  $p$  valor**

Si  $p_v \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula

Si  $p_v > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula



Tabla 45

*T - Student: Prueba de Muestras Relacionadas - Dimensión Eficiencia*

Prueba de muestras relacionadas									
		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Eficiencia Pre Test- Eficiencia Post Test	-,08083	,05468	,01579	-,11558	-,04609	-5,121	11	,000

INTERPRETACIÓN: De la tabla 45, se puede observar que la significancia arrojada por la prueba T – Student, aplicada a la eficiencia Pre Test y Post Test es de 0.000, por lo tanto y de acuerdo a la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna afirmando que la aplicación de Lean Manufacturing aumenta la eficiencia del área Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018.

#### Validación de la Hipótesis específica: Eficacia

#### Contrastación de la hipótesis específica

H<sub>0</sub>: La aplicación de Lean Manufacturing no aumenta la eficacia del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018.

H<sub>a</sub>: La aplicación de Lean Manufacturing aumenta la eficacia del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018.

#### Regla de decisión:

**H<sub>0</sub>:**  $\mu_{\text{Eficacia antes}} \geq \mu_{\text{Eficacia después}}$

**H<sub>a</sub>:**  $\mu_{\text{Eficacia antes}} < \mu_{\text{Eficacia después}}$

#### Prueba T - Student

Tabla 46

*Prueba T - Student: Estadísticos de Muestras Relacionadas – Dimensión Eficacia*

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	Eficacia Pre Test	,7433	12	,09764	,02819
	Eficacia Post Test	,9175	12	,10618	,03065

INTERPRETACIÓN: De la regla de decisión y la tabla 46, demuestra que la media de la eficacia Pre Test (0.7433) es menor que la media de la productividad Post Test (0.9175), cumpliendo la regla:

$$H_a: \mu_{\text{Eficacia antes}} < \mu_{\text{Eficacia después}}$$

Por lo tanto se acepta la hipótesis alterna, por la cual queda demostrado que la aplicación del Lean Manufacturing aumenta la eficacia del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018.

#### Análisis del $p_{\text{valor}}$

Si  $p_v \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula

Si  $p_v > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula

Tabla 47

*T - Student: Prueba de Muestras Relacionadas - Dimensión Eficacia*

Prueba de muestras relacionadas									
		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Eficacia Pre Test - Eficacia Post Test	-,17417	,08723	,02518	-,22959	-,11875	-6,917	11	,000

INTERPRETACIÓN: De la tabla 47, se puede observar que la significancia arrojada por la prueba T – Student, aplicada a la eficacia Pre Test y Post Test es de 0.000, por lo tanto y de acuerdo a la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna afirmando que la aplicación de Lean Manufacturing aumenta la productividad del área Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018.

## **IV. DISCUSIÓN**

- De la tabla 27, representada por la figura 17 de la página 90, se puede evidenciar que el indicador tiempo de procesamiento Pre Test, es menor que el tiempo de procesamiento Post Test en un 30.1 % además de otorgar una reducción en el tiempo de respuesta (Lead Time) de 46 % lo que resultó que al aplicar la propuesta de las herramientas Lean Value Stream Map, ayudó a reducir los tiempos de procesamiento y tiempo de entrega del elemento al cliente, este resultado coincide con lo investigado por Cristhian Pérez en su tesis que forma parte de la presente investigación, titulada “Mejoramiento de los Procesos Productivos de la Empresa Acececol LTDA.”, donde menciona que aplicó la herramienta Lean Manufacturing Value Stream Map para reducir los tiempos de repuesta al cliente ( Lead Time), el cual tuvo como resultado una disminución de más de 50%, y con ello concluyo que la aplicación de las herramientas Lean genera un impacto significativo, ya que no solo contribuyo a la satisfacción del cliente, sino que también logro darle mayor fluidez al sistema, produciendo al lote impuesto por el Tak Time lo que lo llevo a ser más productivo.
- De la Tabla 31, representada por la figura 21 de la página 94, se puede evidenciar en el comparativo de eficiencia Pre Test (86 %) es menor a la eficiencia registrada Post Test (95 %), lo que resultó de aplicar las herramientas de Lean Manufacturing mejoró en un 9 % con lo que respecta al recurso tiempo utilizado y programado. Este resultado de mejora coincide con lo investigado por Jara Marco, en su tesis que forma parte del presente trabajo de investigación, titulada “Propuesta de Estudio para Mejorar los Procesos Productivos en la Sección Metal Mecánica, Fabrica Induglob”, donde se visualiza el cuadro 41 de la página 178 de su investigación, una mejora de 57.4 % en el flujo de producción mejorando su eficiencia, reduciendo el recurso material para producir los mismos productos, con una menor capital de trabajo.
- De la tabla 30, representada por la figura 20 en la página 93, se observa que la aplicación de las herramientas Lean Value Stream Map, Manufactura Celular y Kanban, tuvieron un impacto en la productividad. Se puede evidenciar que el indicador de productividad Pre Test (64 %), es menor que la productividad Post Test (87 %), teniendo una diferencia porcentual de mejora de 23 % de productividad , lo que la aplicación de las herramientas Lean, ayudó a mejorar la productividad en el tiempo de procesamiento de la fabricación del elemento Viga Tipo H, este resultado

coincide con lo investigado por Emilin Dorismit en su tesis que forma parte de la presente investigación, titulada “Aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad de la empresa Molino Espino E.I.R.L. 2007”, donde se observa en el figura 23 de la página 68 de su investigación, un incremento de la productividad de materia prima por día de 21% para el proceso de pilado de arroz en la empresa Molino Espino.

## **V. CONCLUSIONES**

- El estudio determinó que la empresa E y C Metalikas S.A.C cuenta actualmente con una productividad de 87 % con respecto a los productos producidos del elemento de estructura metálica Viga Tipo H y el tiempo que incurre el personal para producirlo, el cual al comparado con estudios de investigación similares en el sector metalmecánico puede considerarse como baja , dado a que los tiempos de procesamiento de fabricación de estructuras metálicas son largos, pues el estudio dependerá de la realidad problemática y al tipo se procesó que sea objetó de unidad de análisis como las herramientas Lean utilizadas para alcanzar los objetivos.
- Se logró reducir los de tiempos improductivos del operador, además de balancear los operarios en los procesos donde se genera el cuello de botella, ello aumento la eficiencia en 9 % en el tiempo de procesamiento, esto beneficio a la empresa para poder producir más con menos recursos.
- Por último se logró aumentar la eficacia en 18 % de la empresa E y C Metalikas S.A.C con la implementación de las herramientas Manufactura Celular y Kanban, que permitió mantener un proceso fluido, aumentando las unidades producidas.

## **VI. RECOMENDACIONES**



- Se sugiere a la empresa E y C Metalikas S.A.C. continuar implementando las herramientas de mejora continua Lean Manufacturing eliminando o por lo menos reduciendo los desperdicios que afectan a la productividad, permitiendo mejorar constantemente la forma con la que trabajan.
- Se recomienda brindar al personal el conocimiento y la capacidad de identificar y solucionar problemas en su puesto de trabajo, aprovechando su conocimiento y su experiencia en el puesto, para un trabajo más trascendente donde se sientan más identificados con los objetivos de la empresa.
- Por otra parte, como parte de esta implementación, se recomienda a futuros investigadores a aplicar los conocimientos y herramientas de la metodología Lean Manufacturing, teniendo en cuenta la variable Productividad y sus dimensiones de eficiencia y eficacia.

## **VII. REFERENCIAS**

## DIARIOS

- Castillo, N. (10 de julio de 2018). BID: ¿Por qué la productividad se ha estancado en el Perú? *El Comercio*. Recuperado de: <https://elcomercio.pe/economia/peru/bid-productividad-estancado-peru-noticia-534584>
- Consumo masivo: ¿Cómo le irá a Alicorp este año? (4 de mayo de 2017). *El Comercio*. Recuperado de: <https://elcomercio.pe/economia/mercados/consumo-masivo-le-ira-alicorp-ano-418379>
- Innovate Perú destinará S/ 430 millones para proyectos de I+D++e hasta el 2021. (2 de noviembre de 2017). *Gestión*. Recuperado de: <https://gestion.pe/economia/innovate-peru-destinara-s-430-millones-proyectos-i-d-i-e-2021-149101>
- Moraga, E. (5 de junio de 2018). Empresas que adoptaron el Lean y mejoraron sus métodos productivos. (23 de Noviembre de 2017). *La tercera*. Recuperado de: <https://www.latercera.com/pulso/noticia/empresas-adoptaron-Lean-mejoraron-metodos-productivos/192943/>
- Sector industrial: El desafío de dejar atrás una recesión que dura tres años. *Gestión*. Recuperado de: <https://gestion.pe/panelg/sector-industrial-desafio-dejar-atras-recesion-que-dura-tres-anos-2205476>

## LIBROS

- Alessio, F. (2004). *Administración y Dirección de la Producción. Enfoque Estratégico y de Calidad*. México, México: Pearson Educación.
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica* (6a. ed). Caracas: Episteme.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. (3ra ed.). Colombia: Pearson Educación de Colombia Ltda.
- Cabrera, R. (2011). *VSM: Mapeo del Flujo de Valor. EVSM: Extendido para Cadena de Suministro*. Publicado el 10 de agosto del 2011, Recuperado de

<https://www.slideshare.net/cabrerafael/vsm-value-stream-mapping-analisis-del-mapeo-de-la-cadena-de-valor-8717884>

- Cabrera, R. (2012). *Lean Six Sigma TOC. Simplificado. PYMES*. España: Editorial Académica Española.
- Caso, N. (2006). *Técnicas de Medición del Trabajo*. (2º ed.). Madrid, España: Editorial: FC Editorial.
- Cruelles, J. (2013). *Productividad e Incentivos: Cómo hacer que los tiempos de fabricación se cumplan*. (1ra. ed.). México, México: Alfaomega Grupo Editor.
- Cuatrecasas, L. (2012). *Lean Thinking. Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Barcelona, España: Gestión 2000.
- Dinas, J. A., Franco, P. C., & Rivera, C. L. (2009). *Aplicación de herramientas de pensamiento sistémico para el aprendizaje de Lean Manufacturing*. Publicado el 14 de julio de 2009. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=411534381003>
- Fernández, M. (2014). *Lean Manufacturing en español: Cómo eliminar desperdicios e incrementar ganancias*. Estados unidos: Imagen.
- Fernández, R. (2010). *La mejora de la productividad en la pequeña y mediana empresa*. Alicante: ECU.
- García, A. (2011). *Productividad y Reducción de Costos para la pequeña y mediana industria*. (2da ed.) México, México: Editorial Trillas S.A.
- García P., M., Quispe A., C., & Ráez G., L. (2014). MEJORA CONTINUA DE LA CALIDAD EN LOS PROCESOS. *Industrial Data*, 6(1), 89-94
- Giavina, J., Lemos, S., Lapasini, G., y Cardoza, E. (2017). Melhoria de Processo Operacional Utilizando Mapa de Fluxo de Valor em Uma Indústria Metal- Mecânica. *Revista FSA*, 14(5), 146 – 170.
- Gúner, H. y Ayvaz, M. (2017). Value stream mapping and simulation for Lean Manufacturing: A case study in furniture industry. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(4), 462-469.
- Gutiérrez, H. (2010). *Calidad Total y Productividad* (3º.ed). México: Editorial S.A. DE C.V.

- Hernández, J. & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación*. Recuperado de: <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20730/Lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. (5ta ed.). México: Mc Graw – Hill.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6ta ed.). México: Mc Graw – Hill.
- Kotani, S. (2007). Optimal method for changing the number of Kanbans in the e-Kanban system and its applications. *International Journal of Production Research*. 45(24). 5789-5809.
- Jananía, C. (2008). *Manual de Tiempos y Movimientos. Ingeniería de Métodos*. Mexico, Mexico: Limusa.
- Lolli, F., Gamberini, R., Giberti, C., Rimini, B. & Bondi, F. (2015). A simulative approach for evaluating alternative feeding scenarios in a Kanban system. *International Journal of Production Research*, 54(14), 4228–4239.
- Lucherini, F., Rapaccini, M. (2017). Exploring the Impact of Lean Manufacturing on Flexibility in SMEs. *Journal of Industrial Engineering & Management*, 10(6), 919-945.
- Martí, J. & Torrubiano, J. (2013). *Lean Process. Mejorar los procesos para ser más competitivos*. Publicado el 01 de febrero del 2013, Recuperado de <http://www.femeval.com/informesycomunic/documentacionjornadas/Documents/cu-rso%20Lean%20v3.pdf>
- Niebel, B. y Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial Métodos, estándares y diseños del trabajo* (10a ed.). México: editorial: S.A. DE C.V.
- Pérez, M. (2010). *Metodología seis Sigma a través de Excel*. Madrid, España: Editorial San Fernando de Henares.
- Rajadell, R. & Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing la evidencia de una necesidad*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.

- Render, B. & Heizer, J. (2007). *Administración de la producción*. México: Editorial Mexicana.
- Rojas, A & Gisbert, V. (22 de diciembre de 2017). Lean Manufacturing: Herramienta para mejorar la productividad en las empresas. *3C Empresa: Investigación y pensamiento crítico*, pp. 116–124.
- Socconini, L. (2009). *Lean Manufacturing paso a paso*. México: Norma Ediciones, S.A. de C.V.
- Villaseñor, A. & Galindo, E. (2011). *Manual de Lean Manufacturing guía básica* (2a ed.). Monterrey, México: Editorial Tecnológico de Monterrey.
- Womack, J & Jones, D. (2012). *Lean Thinking*. Trad. Lluís Cuatrecasas. 1a ed. Barcelona, España: Gestión 2000.

## TESIS

- Aranibar, M. (2016). *Aplicación de Lean Manufacturing, para la mejora de la productividad en una empresa manufacturera*. (Tesis de Pregrado). Universidad Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Córdova, F. (2012). *Mejoras en el proceso de fabricación de Spools en una empresa metalmecánica usando la manufactura esbelta*. (Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Dávalos, G. (2015). *Aplicación de Lean Manufacturing en el área de producción y su influencia en la rentabilidad de la empresa producciones nacionales TC E.I.R.L.* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Dorismit, E. (2018). *Aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad de la empresa Molino Espino E.I.R.L. 2017*. (Tesis de Pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú
- Garate, C. (2016). *Diseño de un sistema de producción, para mejorar la productividad en la fábrica de accesorios y tuberías plásticas E.I.R.L., basado en producción esbelta – Chiclayo 2015*. (Tesis de pregrado. Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, Perú.

- Jara, M. (2012). *Propuesta de estudio para mejorar los procesos productivos en la sección metal mecánica, fabrica Induglob*. (Tesis de Pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
- Martínez, F. (2015). *Implementación de Value Stream Mapping para optimizar el manejo de inventarios dentro de una planta de fundición de partes automotrices*. (Tesis de Maestría). Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México.
- Pérez, C. (2011). *Mejoramiento de los procesos productivos de la empresa Accecol LTDA*. (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Torres, R. (2014). *Propuesta de mejora en el proceso de fabricación de pernos en una empresa metalmecánica*. (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.

# **ANEXOS**



Anexo 1: Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
GENERAL	GENERAL	GENERAL		VARIABLE INDEPENDIENTE : LEAN MANUFACTURING			
¿En qué medida la aplicación de Lean Manufacturing aumenta la productividad del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018?	Determinar en qué medida la aplicación de Lean Manufacturing aumenta la productividad del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018.	La aplicación de Lean Manufacturing aumenta la productividad del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018.	LEAN MANUFACTURING	Socconini (2008) define Lean Manufacturing como “un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos (...) Es el esfuerzo incansable y continuo para crear empresas más efectivas, innovadoras y eficientes” (p.11).	Es un sistema que busca, identificar, eliminar o disminuir sistemáticamente los desperdicios de los procesos productivos de una organización dentro de su cadena de valor. Hace uso de herramientas que ayudan a darle mayor fluidez al proceso, otorgándole mayor productividad en base a la efectividad de los procesos	VALUE STREAM MAP	Tiempo de Procesamiento
ESPECIFICO	ESPECIFICO	ESPECIFICO				Manufactura Celular	Balanceo de Número de Operadores en el Proceso
¿En qué medida la aplicación de Lean Manufacturing aumenta la eficiencia del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018?	Determinas en qué medida la aplicación de Lean Manufacturing aumenta la eficiencia del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018.	La aplicación de Lean Manufacturing aumenta la eficiencia del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018				Kanban	Numero de Tarjetas Kanban
VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD							
¿En qué medida la aplicación de Lean Manufacturing aumenta la eficaicia del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018?	Determinar en que medida la aplicación de Lean Manufacturing aumenta la eficaicia del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018.	La aplicación de Lean Manufacturing aumenta la eficaicia del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. en el año 2018	PRODUCTIVIDAD	Cruelles (2013) señala que: La productividad es un ratio que mide el grado de aprovechamiento de los factores que influyen a la hora de realizar un producto; se hace entonces necesario el control de la productividad, cuanto mayor sea la productividad de nuestra empresa, menores serán los costos de producción y, por lo tanto, aumentara nuestra competitividad dentro del mercado” (p.10).	La mejora de la productividad se verá reflejada en la relación de los productos obtenidos entre los recursos empleados, el impacto de las herramientas repercutirá directamente en el índice de la Eficiencia y Eficacia de la empresa.	Eficiencia	Índice de Tiempo de Producción
						Eficacia	Índice de Elementos Producidos

Fuente Elaboración Propia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

### VARIABLE: LEAN MANUFACTURING

Socconini (2008) define Lean Manufacturing como "un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos (...) Es el esfuerzo incansable y continuo para crear empresas más efectivas, innovadoras y eficientes" (p.11).

#### Dimensiones de las variables

##### DIMENSIÓN 1: VALUE STREAM MAPP

Socconini (2009) define Value Stream Mapp como: "Una herramienta muy útil que permite visualizar las actividades que agregan y las que no agregan valor a los procesos (...) y es un instrumento básico para saber en dónde aplicar herramientas de mejora Lean" (p.105).

##### DIMENSIÓN 3: MANUFACTURA CELULAR

Socconini (2009) define como una herramienta utilizado para: "Establecer un flujo continuo y eliminar el trabajo por lotes (p.68).

##### DIMENSIÓN 2: KANBAN

Socconini (2009) define como: "Un sistema de comunicación que permite controlar la producción, sincronizar los procesos de manufactura con los requerimientos del cliente y apoyar fuertemente la programación de la producción (p.277).

### VARIABLE: PRODUCTIVIDAD

Cruelles (2013) señala que: La productividad es un ratio que mide el grado de aprovechamiento de los factores que influyen a la hora de realizar un producto; se hace entonces necesario el control de la productividad, cuanto mayor sea la productividad de nuestra empresa, menores serán los costos de producción y, por lo tanto, aumentara nuestra competitividad dentro del mercado" (p.10).

##### DIMENSIÓN 1: EFICIENCIA

Cruelles (2013) señala que: "La eficiencia mide la relación entre insumos y producción, busca minimizar el costo de los recursos (hacer bien las cosas). En términos numéricos, es la razón entre la producción real obtenida y la producción estándar esperada" (p.10).

##### DIMENSION 2: EFICACIA

Cruelles (2013) Lo define como: "El grado en el que se logran los objetivos. Se identifica con el logro de las metas (hacer las cosas correctas) (p.11).



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**CARTA DE PRESENTACIÓN**

Señor(a)(ita):

ROBERTO FARFAN MARTINEZ

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mi saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo estudiante de la EAP de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede....., promoción....., aula..., requiero validar el instrumento con el cual recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación.

El título de la Investigación es:

Aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. - 2018 y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted a fin de validar el instrumento que utilizaré.

El expediente de validación, que le hago llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole mi sentimiento de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Ricardi Poma, Luis Angel

D.N.I: 47437876

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE .....

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	DIMENSIÓN 1 Value Stream Map	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	DIMENSIÓN 2 Manufactura Celular	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	DIMENSIÓN 3 Kanban	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	DIMENSIÓN 4 Eficiencia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	DIMENSIÓN 5 Eficacia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SI HAY SUFICIENCIA

Opinión de aplicabilidad: ☒ Aplicable después de corregir [ ] No aplicable [ ]  
 Apellidos y nombres del juez validador. Dr. / Mg: ROBERTO FERRAN MARTINEZ DNI: 02612808

Especialidad del validador: ING. INGENIERIA DE SISTEMAS DE PROYECTOS DE SISTEMAS  
14 de 15 del 2018

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.  
<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

  
 Firma del Experto Informante.



**CARTA DE PRESENTACIÓN**

Señor(a)(ita): LUCIA PADILLA CASTRO

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mi saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo estudiante de la EAP de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede....., promoción....., aula..., requiero validar el instrumento con el cual recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación.

El título de la Investigación es:  
Aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. - 2018 y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted a fin de validar el instrumento que utilizaré.

El expediente de validación, que le hago llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole mi sentimiento de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Ricaldi Poma, Luis Angel

D.N.I: 47437876



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE .....

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	Value Stream Map	No		X		X		
	DIMENSION 2	Si	No	Si	No	Si	No	
2	Manufactura Celular	X		X		X		
	DIMENSION 3	Si	No	Si	No	Si	No	
3	Kanban	X		X		X		
	DIMENSION 4	Si	No	Si	No	Si	No	
4	Eficiencia	X		X		X		
	DIMENSION 5	Si	No	Si	No	Si	No	
5	Eficacia	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): → Muy Suficiente

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [ X ]      Aplicable después de corregir [ ]      No aplicable [ ]  
 Apellidos y nombres del juez validador. Dr. / Mg: Julia Pacheco Castro      DNI: 19824446  
 Especialidad del validador: Log. Industrial

.....de.....del 201...

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo  
<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante.



CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor(a)(ita):

PAUTA SALAZAR JAVIER FRANCISCO

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mi saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo estudiante de la EAP de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede....., promoción....., aula..., requiero validar el instrumento con el cual recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación.

El título de la Investigación es:

Aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. - 2018 y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted a fin de validar el instrumento que utilizaré.

El expediente de validación, que le hago llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole mi sentimiento de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Ricaldi Poma, Luis Angel

D.N.I: 47437876

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE .....

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		SI	No	SI	No	SI	No	
1	DIMENSIÓN 1 Value Stream Map	X		X		X		
2	DIMENSIÓN 2 Manufactura Celular	SI	No	SI	No	SI	No	
3	DIMENSIÓN 3 Kanban	X	No	SI	No	X	No	
4	DIMENSIÓN 4 Eficiencia	SI	No	SI	No	SI	No	
5	DIMENSIÓN 5 Eficacia	X	No	SI	No	SI	No	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay Suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X]      Aplicable después de corregir [ ]      No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador: Paulo Salazar Soria T. J. J.      DNI: 02636381

Especialidad del validador: Ing. Industrias      .....  
 ..... de ..... del 2018

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto técnico formulado.  
<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.  
<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante.





## A. ANEXO DE TABLAS

Tabla 48  
Tabla de Calificación de Desempeño

Escala	Descripción del desempeño	Velocidad de marcha comparable (1) (Km/h)
<b>0-100 (norma Británica)</b>		
<b>0</b>	Actividad nula	
<b>50</b>	Muy lento; movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo	3,2
<b>75</b>	Constante, resuelto, sin prisa, como de operario no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan	4,8
<b>100 (Ritmo tipo)</b>	Activo, capaz, como de operario calificado medio, pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado	6,4
<b>125</b>	Muy rápido; el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del operario calificado medio	8,0
<b>150</b>	Excepcionalmente rápido; concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por varios periodos; actuación de "virtuoso" sólo alcanzada por algunos trabajadores sobresalientes	9,6

Fuente: Modificado de Niebel ,2008

Tabla 49  
Tabla de Suplemento u Holguras

SISTEMA DE SUPLEMENTOS POR DESCANSO					
SUPLEMENTOS CONSTANTES	HOMBRE	MUJER	SUPLEMENTOS VARIABLES	HOMBRE	MUJER
Necesidades personales	5	7	<b>e) Condiciones atmosféricas</b>		
Básico por fatiga	4	4	Índice de enfriamiento, termómetro de Kata (milicalorías/cm²/segundo)		
<b>SUPLEMENTOS VARIABLES</b>	<b>HOMBRE</b>	<b>MUJER</b>			
<b>a) Trabajo de Pie</b>			16	0	
Trabajo de pie	2	4	14	0	
			12	0	
<b>b) Postura anormal</b>			10	3	
Ligeramente incómoda	0	1	8	10	
Incómoda (inclinado)	2	3	6	21	
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	5	31	
			4	45	
<b>c) Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, tirar o empujar)</b>			3	64	
Peso levantado por kilogramo			2	100	
2.5	0	1	<b>f) Tensión visual</b>		
5	1	2	Trabajos de cierta precisión	0	0
7.5	2	3	Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
10	3	4	Trabajos de gran precisión	5	5
12.5	4	6	<b>g) Ruido</b>		
15	5	8	Continuo	0	0
17.5	7	10	Intermitente y fuerte	2	2
20	9	13	Intermitente y muy fuerte	5	5
22.5	11	16	Estridente y muy fuerte	7	7
25	13	20 (máx.)	<b>h) Tensión mental</b>		
30	17	-	Proceso algo complejo	1	1
33.5	22	-	Proceso complejo o atención dividida	4	4
			Proceso muy complejo	8	8
<b>d) Iluminación</b>			<b>i) Monotonía mental</b>		
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Trabajo algo monótono	0	0
Bastante por debajo	2	2	Trabajo bastante monótono	1	1
Absolutamente insuficiente	5	5	Trabajo muy monótono	4	4
			<b>j) Monotonía física</b>		
			Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo aburrido	2	1
			Trabajo muy aburrido	5	2

Fuente: Modificado de Niebel ,2008

## B: ANEXO DE FIGURAS



Figura 23. Iconos Generales de VSM

Fuente: *Manual de Lean Manufacturing guía básica* (2a ed.), Villaseñor, A & Galindo, E. (2011)

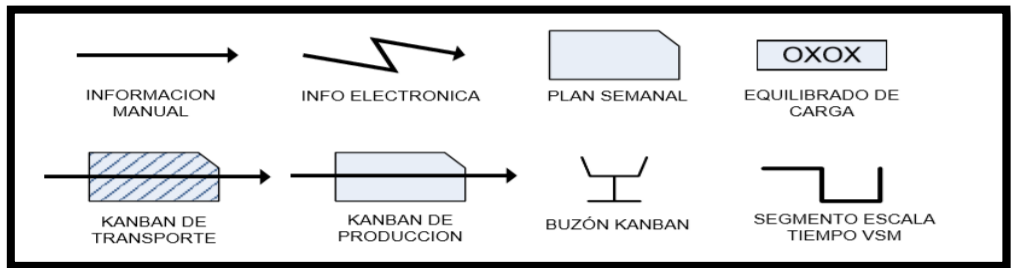


Figura 24. Iconos de Flujo de Información

Fuente: *Manual de Lean Manufacturing guía básica* (2a ed.), Villaseñor, A & Galindo, E. (2011)

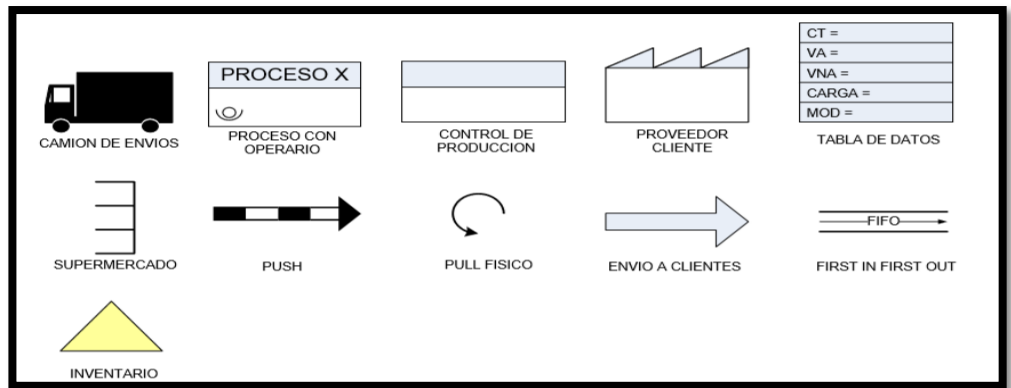


Figura 25. Iconos de materiales de VSM

Fuente: *Manual de Lean Manufacturing guía básica* (2a ed.), Villaseñor, A & Galindo, E. (2011)








<b>Operación</b>  Un círculo grande indica una operación, como	 Clavar	 Mezclar	 Taladrar orificio
<b>Transporte</b>  Una flecha indica transporte, como	 Mover material mediante un carro	 Mover material mediante una banda transportadora	 Mover material transportándolo (mediante un mensajero)
<b>Almacenamiento</b>  Un triángulo representa almacenamiento, como	 Materia prima en algún almacenamiento masivo	 Producto terminado apilado sobre tarimas	 Archivos para proteger documentación
<b>Retrasos</b>  Una letra D mayúscula indica un retraso, como	 Esperar un elevador	 Material en un camión o sobre el piso en una tarima esperando a ser procesado	 Documentos en espera a ser archivados
<b>Inspección</b>  Un cuadrado indica inspección, como	 Examinar material para ver si está bien en cuanto a cantidad y calidad	 Leer el medidor de vapor en el quemador	 Analizar las formas impresas para obtener información

Figura 26. Conjunto de Símbolos de Diagrama de Procesos

Fuente: Ingeniería Industrial Métodos, Estándares y diseño del trabajo, Niebel y Freiblas (2009).



Figura 27. Capacitación al Personal en Planta, E y C Metalikas, 2018

Fuente: E y C Metalikas S.A.C.



*Figura 28. Planta de E y C Metalikas, 2018*

Fuente: E y C Metalikas S.A.C



*Figura 29. Despacho de Estructuras Metálicas*

Fuente: E y C Metalikas S.A.C





*Figura 31. Planta de Producción Antes de la Implantación*

Fuente: Propia



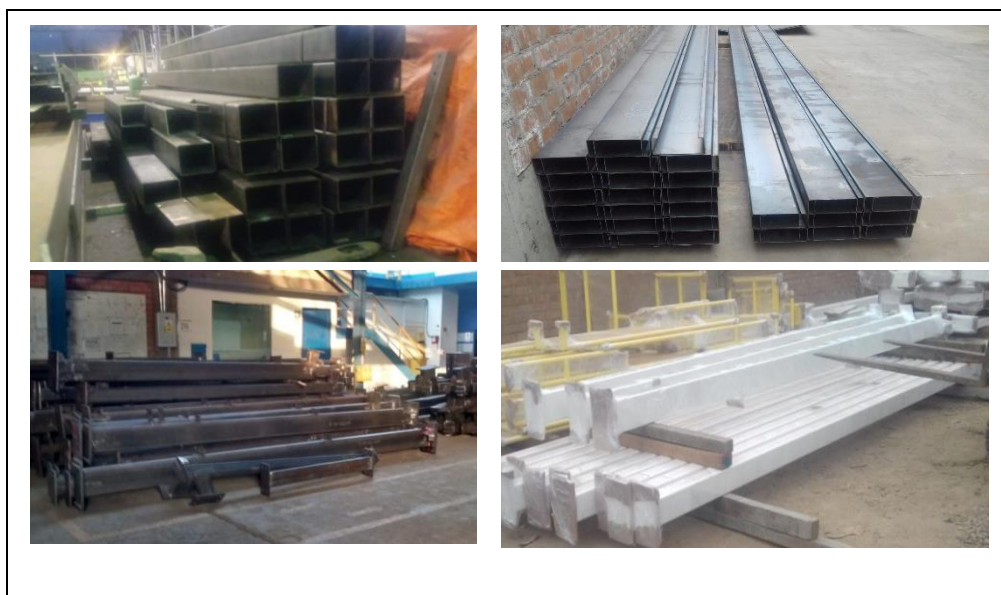
*Figura 30. Planta de Producción Después de la Implementación*

Fuente: Propia



*Figura 32. Sobreproducción de Elementos (Evidencias Pre Test)*

Fuente: Propia



*Figura 33. Producción por Lotes Pequeñas (Evidencias Post Test)*

Fuente: Propia

### C: Instrumento de recolección de datos

*Instrumento 1.*Flujograma Analítico de los Procesos

[illegible]

*Fuente: Elaboración Propia*

### Instrumento 2. Toma de Tiempos Observados

TOMA DE TIEMPOS OBSERVADOS															
Área de trabajo											Resumen			<b>E Y C METALIKAS SAC</b>	
Actividades:															
Producto															
Lugar:															
Elaborado por:											Tiempo observado total				
Aprobado por:											Procesos observado total:				
											Actividad total:				
Proceso		May-18				Jun-18				Jul-18				Promedio	
N°	Descripción de Actividades	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12		
										<b>TOTAL</b>				<b>0,0</b>	
<div><div>Elaborado Por:</div><div>Aprobado Por:</div></div>															

Fuente: Elaboración Propia

## t

[illegible]

	Calificación de Desempeño	
Escala (0 - 100)	Descripción del desempeño	Velocidad de marcha comparable
0	Actividad nula	0
50	Muy lento; movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo	3,2
75	Constante, resuelto, sin prisa, como de operario no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan	4,8
100 (Ritmo Tipo)	Activo, capaz, como de operario calificado medio, pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado	6,4
125	Muy rápido; el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del operario calificado medio	8
150	Excepcionalmente rápido; concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por varios periodos; actuación de "virtuoso" sólo alcanzada por algunos	9,6

Aprovado por:

136



#### Instrumento 4.Cálculo del Tak Time

### Cálculo del Takt Time

Producto	Viga tipo H
Descripción	Producto de sección transversal en forma de H

ABRIL				MAYO				JUNIO			
SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
PRODUCCIÓN MENSUAL				PRODUCCIÓN MENSUAL				PRODUCCIÓN MENSUAL			

días laborales  
hrs. X turno  
turnos  
Descansos x turno (min)

Tiempo disponible	seg.
Demanda diaria	

TAKT TIME		seg/pza.
-----------	--	----------

### **Demanda Mensual**

El cliente está dispuesto a comprar una pieza cada	0	segundos
--	---	----------

**E Y C METALIKAS S.A.C.**

Área de trabajo

Actividades:

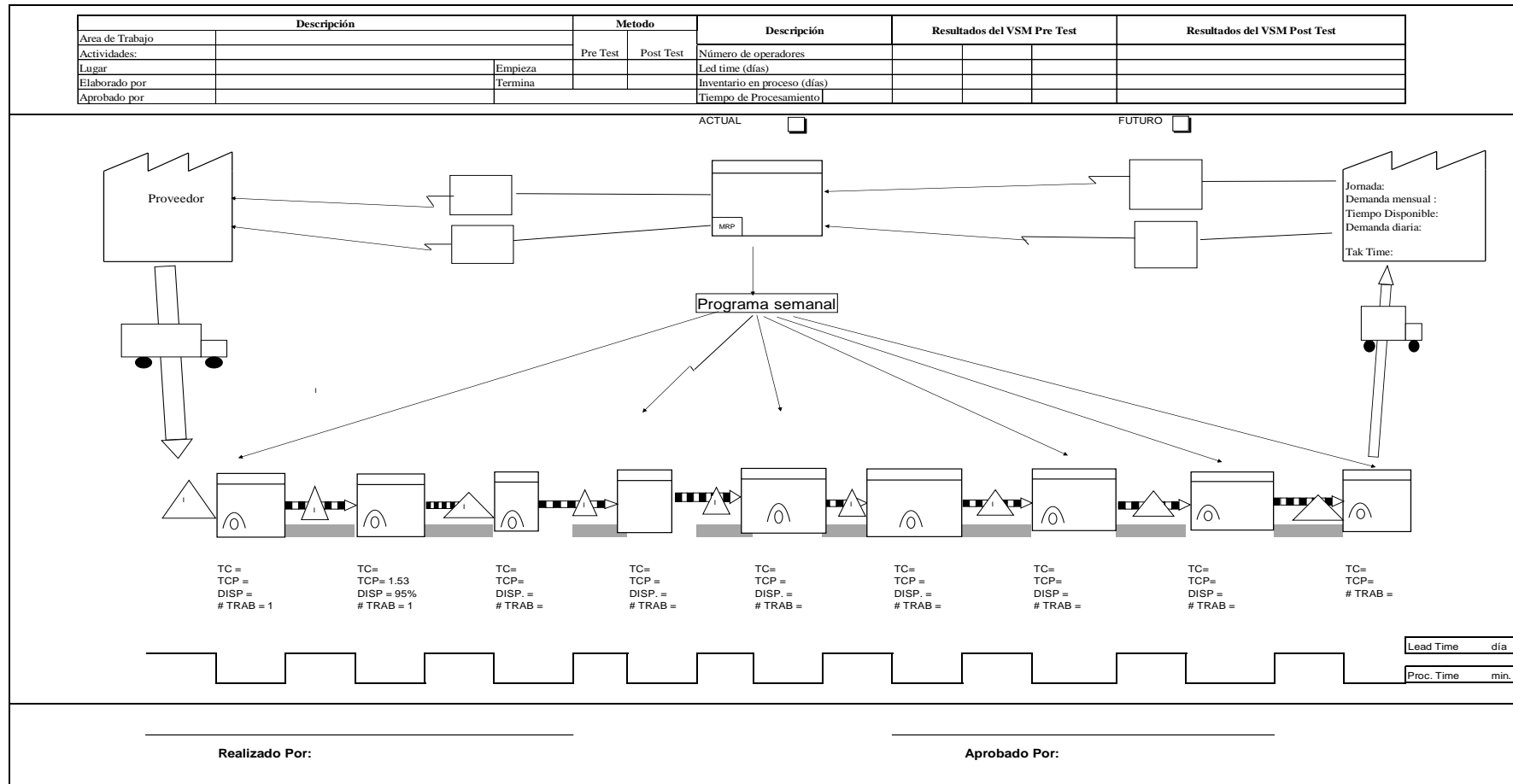
## Producto

Lugar:Fecha:

Aprobado Por:

Fuente: Modificado de Lean Manufacturing paso a paso, Socconini, 2009

### Instrumento 5.Value Stream Map



Fuente: Modificado de Lean Manufacturing Paso a Paso, Socconini, 2009

Instrumento 6. Análisis de la Baja Productividad

 <b>Metalikas</b>		<b>Análisis de la Baja Productividad</b>		<b>P.04.F.02</b>
COD.	DESCRIPCION	DESCRIPCION	ACCIÓN	AREA
R1	No cuenta con certificado de calidad	RECEP. MATERIALES		REC. MAT.
R2	No hay orden de compra Adjunto	RECEP. MATERIALES		REC. MAT.
R3	No hay personal Calidad	RECEP. MATERIALES		REC. MAT.
R4	No hay personal Almacen	RECEP. MATERIALES		REC. MAT.
R5	Material defectuoso	RECEP. MATERIALES		REC. MAT.
R6	Certificados ilegibles	RECEP. MATERIALES		REC. MAT.
R7	Falta de coordinación y programación	RECEP. MATERIALES		REC. MAT.
E1	Limpieza mecánica inadecuada	END		END
E2	Falta codificación elemento	END		END
E3	Facilidad para la ejecución de ensayos	END		END
I1	Las cotas de los planos no son entendibles	INGENIERIA		INGENIERIA
I2	Falta de presencia de símbolo de soldadura	INGENIERIA		INGENIERIA
I3	Falta de cotas en plano	INGENIERIA		INGENIERIA
I4	Lista de materiales ilegibles	INGENIERIA		INGENIERIA
I5	Faltan cotas de referencia	INGENIERIA		INGENIERIA
I6	No se uniformiza edición de planos	INGENIERIA		INGENIERIA
I7	No se respeta el RD de referencia	INGENIERIA		INGENIERIA
I8	Simbología de soldadura ambigua	INGENIERIA		INGENIERIA
I9	Entrega de planos a destiempo	INGENIERIA		INGENIERIA
I10	No se actualiza la revisión de planos	INGENIERIA		INGENIERIA
P1	Perforación corrida o desplazada de su eje.	PERFORACIONES		ARMADO
P2	Perforación inadecuada.	PERFORACIONES		HABILITADO
P3	Diámetro de la perforación no corresponde.	PERFORACIONES		HABILITADO
P4	Perforaciones mal ubicadas.	PERFORACIONES		HABILITADO
P5	Exceso de perforaciones.	PERFORACIONES		HABILITADO
T1	Corte irregular	CORTES		HABILITADO
T2	Corte ondulado	CORTES		HABILITADO
T3	Laminaciones	CORTES		LIBERACION
S1	Preparación de junta inadecuada.	SOLDADURA		ARMADO
S1	Preparación de junta inadecuada.	SOLDADURA		SOLDADURA
S2	Soldadura con socavación.	SOLDADURA		SOLDADURA
S3	Soldadura irregular o de mal aspecto.	SOLDADURA		SOLDADURA
S4	Soldadura con filete bajo (under size).	SOLDADURA		SOLDADURA
S5	Poros.	SOLDADURA		SOLDADURA
S6	Salpicaduras.	SOLDADURA		SOLDADURA
S7	Escoria.	SOLDADURA		SOLDADURA
S8	Cráter.	SOLDADURA		SOLDADURA
S9	Soldadura c/ diferencia de catetos.	SOLDADURA		SOLDADURA
S10	Soldadura con traslape (overlap).	SOLDADURA		SOLDADURA
S11	Desgarro laminar.	SOLDADURA		HABILITADO
S11	Desgarro laminar.	SOLDADURA		ARMADO
S11	Desgarro laminar.	SOLDADURA		SOLDADURA
S12	No se retira soldadura de apuntalado.	SOLDADURA		SOLDADURA
S13	Fisura.	SOLDADURA		SOLDADURA
G1	Cartela desplegada.	CARTELAS		ARMADO
G2	Cartela no corresponde.	CARTELAS		ARMADO
G3	Cartela mal orientada y/o mal ubicada.	CARTELAS		ARMADO
G4	Cartela/clips/Placa doblada.	CARTELAS		HABILITADO
G5	Distancia entre atezadores no corresponde.	CARTELAS		ARMADO
G6	No se respeta distancia indicada en los planos e	DIMENSIONES GENERALES		ARMADO
F1	Camber.	DEFORMACIONES		LIBERACION
F2	Sweep.	DEFORMACIONES		LIBERACION
F3	Desalineado.	DEFORMACIONES		LIBERACION
F4	Descuadrado.	DEFORMACIONES		LIBERACION
D1	Dimensión mayor	DIMENSIONES GENERALES		HABILITADO
D2	Dimensión menor	DIMENSIONES GENERALES		HABILITADO

D3	Flecha de la pieza no corresponde.	DIMENSIONES GENERALES		LIBERACION
N1	Faltan perforaciones.	NO TERMINADO		ARMADO
N2	Falta atiezador.	NO TERMINADO		ARMADO
N3	Falta cartela.	NO TERMINADO		ARMADO
N4	Falta plancha.	NO TERMINADO		ARMADO
N5	Falta sellar y/o coronar.	NO TERMINADO		LIBERACION
N6	Falta soldadura.	NO TERMINADO		LIBERACION
N7	Falta recubrimiento en lugares inaccesibles.	NO TERMINADO		PINTURA
N8	Falta limpieza.	NO TERMINADO		LIBERACION
N9	Falta Tipeo.	NO TERMINADO		LIBERACION
N10	Falta destaje.	NO TERMINADO		HABILITADO
L1	Presencia de polvo de oxido	LIMPIEZA DE SUPEFICIE		GRANALLADO
L2	Presencia de grasas	LIMPIEZA DE SUPEFICIE		LIBERACION
L3	Presencia de granallas	LIMPIEZA DE SUPEFICIE		PINTURA
L4	Presencia de tierra	LIMPIEZA DE SUPEFICIE		GRANALLADO
L5	Presencia de laminación	LIMPIEZA DE SUPEFICIE		LIBERACION
L6	Presencia de restos de soldadura	LIMPIEZA DE SUPEFICIE		SOLDADURA
L7	Oxidación de superficie granallada	LIMPIEZA DE SUPEFICIE		GRANALLADO
C1	Rugosidad mayor.	CONTROL DE SUPERFICIE		GRANALLADO
C2	Rugosidad menor.	CONTROL DE SUPERFICIE		GRANALLADO
C3	Picaduras.	CONTROL DE SUPERFICIE		GRANALLADO
C4	Filos y ángulos cortantes.	CONTROL DE SUPERFICIE		ARMADO
C4	Filos y ángulos cortantes.	CONTROL DE SUPERFICIE		LIBERACION
A1	No cumple con el espesor de película seca.	APLICACIÓN DE PINTURA		PINTURA
A2	Piel naranja.	APLICACIÓN DE PINTURA		PINTURA
A3	Pulverizado / over spray.	APLICACIÓN DE PINTURA		PINTURA
A4	Grakeo (pintura de zinc).	APLICACIÓN DE PINTURA		PINTURA
A5	Burbujeo (pintura de poliuretano).	APLICACIÓN DE PINTURA		PINTURA
A6	Problemas de secado de pintura.	APLICACIÓN DE PINTURA		PINTURA
A7	Otros Defectos de Aplicación de pintura.	APLICACIÓN DE PINTURA		PINTURA
A8	Falta retoques de pintura.	APLICACIÓN DE PINTURA		PINTURA
O1	Empalme no autorizado y/o no corresponde.	OTROS		ARMADO
O2	Revisión del plano no corresponde.	OTROS		ARMADO
O3	Error de Punzado.	OTROS		ARMADO
O4	No se ubica para su inspección.	OTROS		LIBERACION
O5	Pieza no fabricada.	OTROS		LIBERACION
O6	Tipeo incorrecto.	OTROS		LIBERACION
O7	Tipeo incompleto.	OTROS		LIBERACION
O8	Destaje mal ejecutado.	OTROS		ARMADO
O9	Fisura en el perfil.	OTROS		SOLDADURA
O10	Alas de perfil Doblados.	OTROS		ARMADO
O11	Otros Defectos .	OTROS		-

Fuente: E y C Metalikas S.A.C.

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD          DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo, **Roberto Farfán Martínez**, docente de la Facultad de Ingeniería y carrera Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo campus Lima Este, revisor (a) de la tesis titulada:

**“Aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. - 2018”**, del estudiante **Luis Angel Ricaldi Poma**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **18%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito(a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

San Juan de Lurigancho, 18 de diciembre del 2018

  
 .....  
**Mg. Roberto Farfán Martínez**  
 DNI: 02617808

		
Elaboró:  Dirección de Investigación	Revisó:  Responsable del FOC	Trabajo:  Vicerectorado de Investigación

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

"Aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad del área  
de Producción de E y C Metalikas S.A.C. - 2018"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
INDUSTRIAL

AUTOR:  
Luis Angel Ricaldi Poma

ASESOR:  
Mgtr. Roberto Farfán Martínez


LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:  
Gestión Empresarial y Productiva



## Resumen de coincidencias

18 %

1	repositorio.ucv.edu.pe	11 %
2	Entregado a Universida...	1 %
3	docplayer.es	1 %
4	tesis.pucp.edu.pe	1 %
5	repositorio.usc.edu.pe	<1 %
6	www.redalyc.org	<1 %
7	tangara.usc.edu.co	<1 %

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE          TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL          UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo **Luis Angel Ricaldi Poma**, identificado con DNI N° **47437876**, egresado(a) de la Carrera Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo, autorizo la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "**Aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. - 2018**"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:



.....  
**Luis Angel Ricaldi Poma**

DNI: **47437876**

Fecha: **29/01/2019**

					
Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante del SGC	Tratado	Investigación



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

**Mg. Óscar Alvarado Rodríguez**

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Luis Angel Ricaldi Poma

INFORME TÍTULADO:

“Aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad del área de Producción de E y C Metalikas S.A.C. - 2018”

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

---

Ingeniero Industrial

SUSTENTADO EN FECHA: 17/12/2018

NOTA O MENCIÓN: 13 (Trece)



---

Mg. Óscar Francisco Alvarado Rodríguez